

Heslo uvedené na této stránce – Měřit, měřit, měřit – nevymyslel žádný klasik ani vědec. Přesto je pro každého dobrého technika stejně důležité, jako známé Učit se, . . . (atd.), jež bylo inspirací.

Měření rozděluje všechny zájemce o elektroniku i radioamatéry na dva tábory. Tzv. „bastlíři“ nepoužívají měřicí přístroje téměř vůbec. Všechny své konstrukce dělají zkusmo, postupem zvaným „bastlení“ (odtud též jejich název). Málokdy se pustí do složitějších zapojení, a když už se k jejich stavbě odhodlají, skončí to většinou neúspěchem – nastavit složitější obvody pouze šroubovákem prostě nelze.

mé odpory Tesla s označením 15 kΩ, jejichž odpor byl ve skutečnosti 150 kΩ). Též předběžné nastavení laděných obvodů sacím měřičem nebo alespoň nastavení vypočítané indukčnosti pomocí můstku *RLC* velmi usnadní závěrečné sladování. K průběžným měřením potřebujeme především voltmetr a ampérmetr. Kontrolujeme jimi vždy po zapojení určité části přístroje nebo obvodu stejnosměrná napájecí napětí, proudy apod. Do této kategorie snad můžeme zařadit i ožiování nízkofrekvenčních zesilovačů např. multivibrátorem. V závěrečné fázi stavby všech zařízení přicházejí na řadu měření závěrečná. Při nich

## MĚŘIT MĚŘIT MĚŘIT

Druhý tábor tvoří ti, jež si uvědomují, že bez měřicích přístrojů těžko dosáhnou výsledků, které by je uspokojily. Do tohoto druhého tábora budete patřit i vy, až dostavíte popisovaný univerzální měřicí přístroj. Budete se ve svých pokusech pohybovat na pevných základech daných tím, že víte, kde se v právě realizovaném zapojení co děje. Kde je jaké napětí, jaký tam teče proud, na jaký kmitočet jsou přibližně nastaveny laděné obvody apod.

Měření v radioamatérské praxi lze rozdělit zhruba do tří kategorií: měření předběžná, průběžná a závěrečná. Při předběžných měřeních měříme obvykle hodnoty součástek. Potřebujeme proto ohmmetr, můstek k měření kapacity a indukčnosti, popř. sací měřič, měřič tranzistorů. Nepodceňujte tato měření, mnohdy vám velmi ulehčí práci (viz např. zná-

nastavujeme definitivní pracovní podmínky aktivních prvků, sladujeme vysokofrekvenční obvody, měříme dosažené parametry zařízení apod. K těmto měřením potřebujeme obvykle nízkofrekvenční a vysokofrekvenční voltmetr, nízkofrekvenční a vysokofrekvenční generátor, sledovač signálu, osciloskop ap.

Přístroj, jenž se v tomto čísle Radiového konstruktéra popisuje, má umožnit všem těm, jež dosud patří ke kategorii „bastlířů“, přejít do tábora techniků. Začít pracovat alespoň trochu vědecky (nebo snad lépe řečeno technicky) a mít větší radost z výsledků své práce. V univerzálním měřicím přístroji je můstek *RLC* a zkoušeč tranzistorů (pro předběžná měření), tranzistorový volt-ampérmetr pro průběžnou kontrolu napětí a proudů a nízkofrekvenční generátor, sací měřič aj.

# KOMBINOVANÝ MĚŘICÍ PŘÍSTROJ

Vladimír Vachek

Vážná práce radioamatéra se neobejde bez měřicího přístroje a zvláště v tranzistorové technice jsou základní měřicí přístroje zcela nezbytné. I když pracujeme přesně podle návodu, nemůžeme se většínou dopracovat stejných výsledků jako autor prototypu. Příčinou jsou především značné rozdíly ve vlastnostech jednotlivých tranzistorů a také tolerance ostatních součástek, které se mohou rovněž projevit. Každý jistě ví, že optimální pracovní bod tranzistoru závisí na jeho zesílení, zbytkovém proudu, odporu děliče v bázi, použitém napětí atd. Návody obvykle předepisují kolektorový proud a často jen mlčky předpokládají nastavení pracovního bodu podle katalogu. Jaký měl původně použitý tranzistor zbytkový proud a zesilovací činitel, o tom je málokdy zmínka.

Mnozí namítají, že stavba kombinovaného přístroje je drahá a že se nevyplatí. Z vlastní zkušenosti mohu jen konstatovat, že bez měřicího přístroje bych si dnes připadal jako bezruký a že investice se již mnohokrát vrátila v úspore času i peněz za zničené tranzistory a zbytečně nakoupené součástky.

Samozřejmě, že při stavbě měřicích přístrojů budeme důsledně používat polovodiče a techniku plošných spojů. Výhody se projeví v malých rozměrech, malé spotřebě, nezávislosti na síti, atd.

Při stavbě kombinovaného přístroje hrají hlavní roli jeho rozměry. Vtěsnat několik elektronkových přístrojů do skříňky přijatelných rozměrů není úkol snadný, u tranzistorových lze i tuto otázku vyřešit bez větších obtíží.

Důležitá je volba přístrojů. Podle vlastních zkušeností jsem dospěl k tomuto pořadí důležitosti:

1. *Tranzistorový voltmetr* doplněný obvody, které umožňují měřit proudy a alespoň ve dvou rozsazích odporů.

2. *Zkoušeč tranzistorů* malého a středního výkonu, na němž lze měřit zbytkový proud a zesilovací činitel a také kontrolovat diody a měřit jejich proud v propustném i závěrném směru.

3. *Nízkofrekvenční generátor RC* (generátor akustických kmitočtů).

4. *Můstek RLC* pro měření odporů, indukčností a kapacit.

Tyto čtyři přístroje tvoří základ. Tím ovšem není výčet potřebných přístrojů úplný, proto konstrukce počítá s možností připojovat k základnímu přístroji další přístroje jako doplňky. Tyto doplňky jsou většinou napájeny ze zdroje základního přístroje a využívají vestavěného měřidla. Jsou to:

1. *Tužkový multivibrátor* – generátor souvislého spektra kmitočtů.

2. *Sledovač signálů* (rovněž v tužkovém provedení).

3. *Útlumový článek ke generátoru RC*, který dodržuje jednotnou výstupní impedanci.

4. *Nízkofrekvenční milivoltmetr*.

5. *Tranzistorový sací měřič (dip-metr)*, měřič rezonance a vf generátor s vývodem vf signálu s možností modulace nf generátorem.

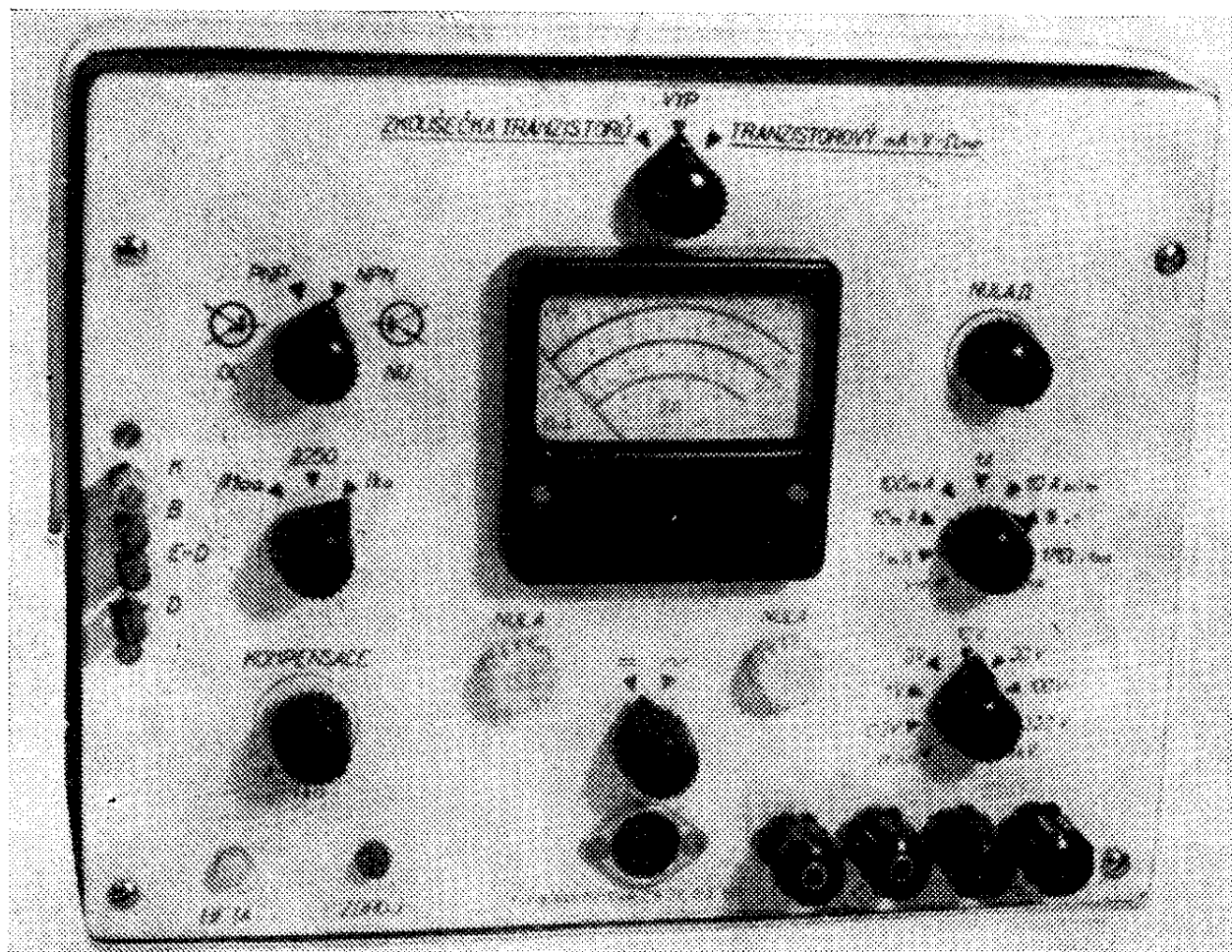
6. *Indikační můstek* pro měření cívek (ke zjišťování jejich stejnosměrného odporu).

## Uspořádání přístroje

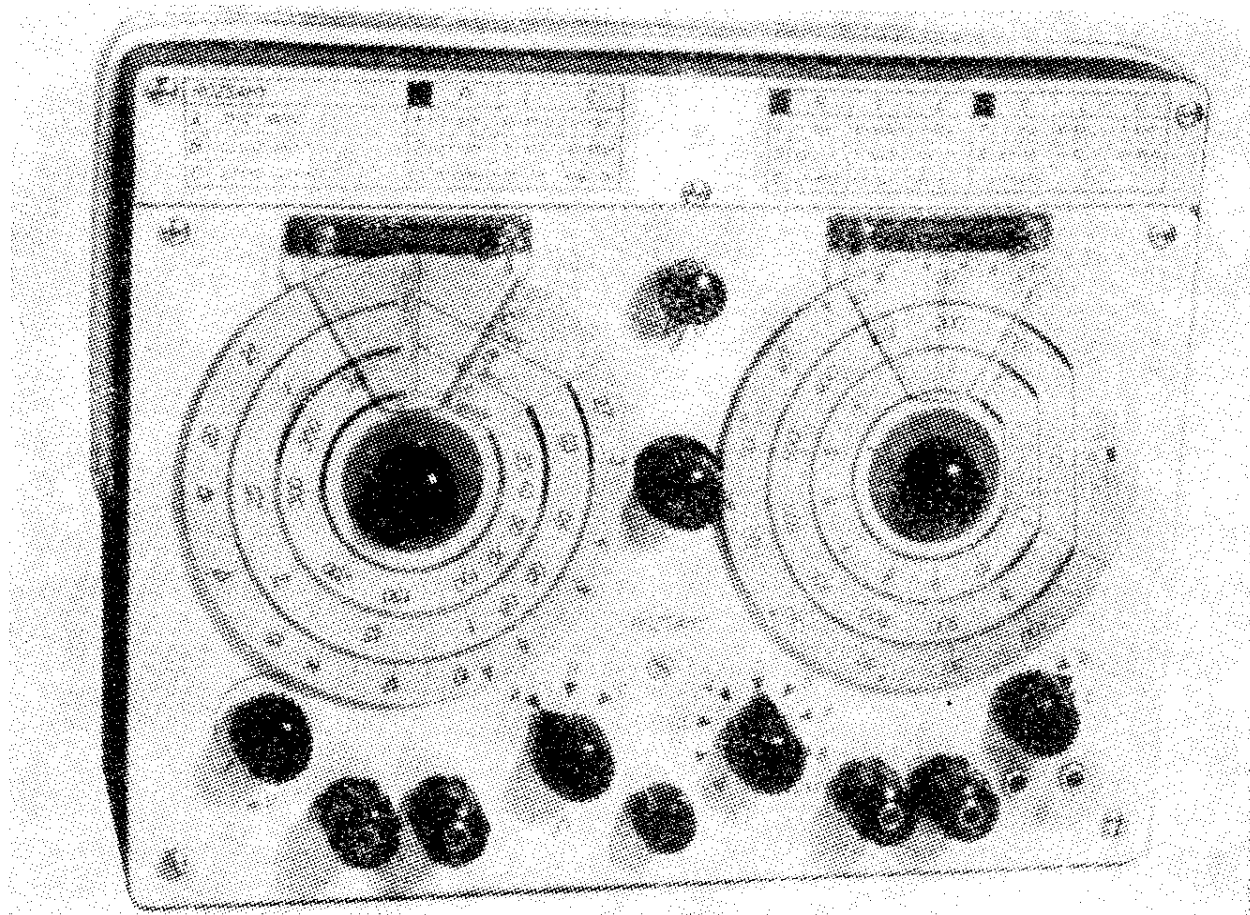
Aby byl splněn základní požadavek úspory místa, zvolil jsem dvoustrannou koncepci přístroje. To znamená, že ovládací panely jsou na obou stranách skříň-

ky. Kromě toho jsem se rozhodl pro stavbnicové uspořádání, které umožňuje postupnou stavbu. Toto uspořádání také umožňuje současné využití dvou přístrojů. Tak například můstek *RLC* napájíme z *nf* generátoru a tranzistorovým voltmetrem můžeme kontrolovat amplitudu *nf* signálu, který z generátoru odebíráme apod. Další výhodou je, že všechny přístroje máme v jednom celku, takže uspoříme místo na pracovním stole. Uspořádání jedné strany přístroje je na obr. 1. V levé třetině je vestavěn zkoušeč tranzistorů a diod, střední a pravou třetinu tvoří tranzistorový volt-ampér-ohmmetr. Na druhé čelní stěně přístroje je *nf* generátor a můstek *RLC*. Vzhled panelu této čelní stěny je na obr. 2. V horní části skříňky na této straně přístroje jsou uloženy napájecí zdroje. Je to celkem 8 člán-

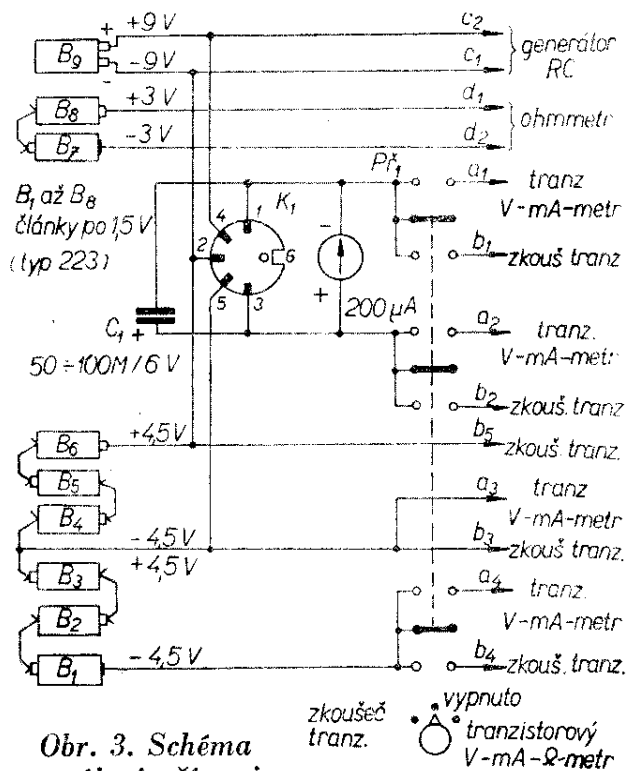
ků po 1,5 V, které získáme ze čtyř malých kulatých baterií typu 223. Uprostřed je uložena jedna destičková baterie 9 V (typ 51D), z níž napájíme *nf* generátor. Zdroje jsou uloženy v horizontální poloze v prostoru za tabulkou s rozsahy. Schéma zapojení napájecích zdrojů je na obr. 3. Dva kulaté články slouží k napájení ohmmetru. Napětí baterie 9 V je vyvedeno na konektor  $K_2$  (obr. 3a), aby při dlouhotrvajícím použití *nf* generátoru mohl být tento přístroj napájen z vnějšího zdroje. Ze schématu napájení je také zřejmé, že napětí 9 V se přivádí i na konektor  $K_1$ . Na tento konektor je také připojeno měřidlo, a paralelně k němu tlumicí kondenzátor  $C_1$ . Konektor  $K_1$  slouží k připojení sacího měřiče. Přepínač  $P_1$  je umístěn na destičce  $D_2$ . Způsob uložení zdrojů je vidět z obr. 4. Zadní



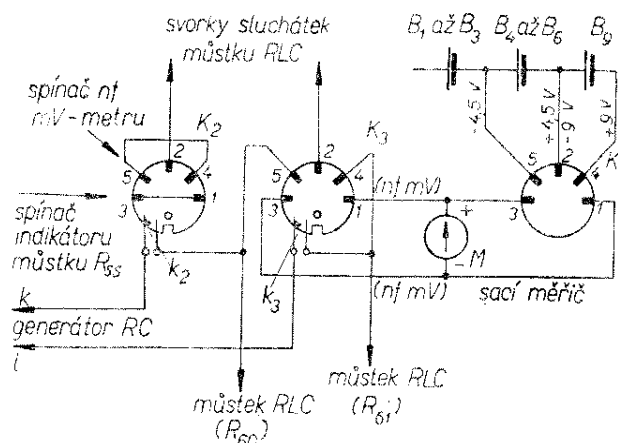
Obr. 1. Uspořádání panelu tranzistorového kombinovaného měřidla - vlevo zkoušeč tranzistorů, vpravo *V-mA-ohmmetr*



Obr. 2. Uspořádání panelu nf generátoru RC a můstku RLC



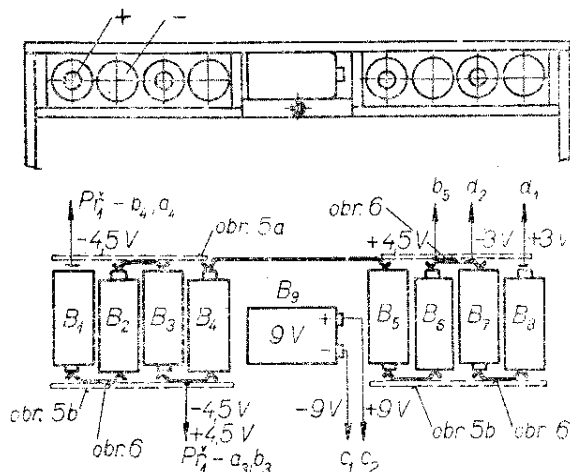
Obr. 3. Schéma napájení přístroje



Obr. 3a. Propojení konektorů  $K_1$  až  $K_3$  a jejich připojení do obvodů přístroje

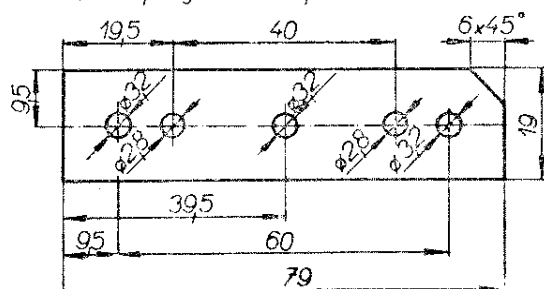
kontaktní destička podle obr. 5a je přišroubována do skřínky, přední (obr. 5b) je proti vypadnutí zajištěna čepem nebo šroubkem procházejícím přes celou šířku prostoru zdrojů až do mezistěny. Ploché kontaktní pružiny jsou z fosforbronzu (obr. 6). Ohyby musí mít větší zaoblení, ji-

$$4 \cdot \frac{2}{69} R_K$$



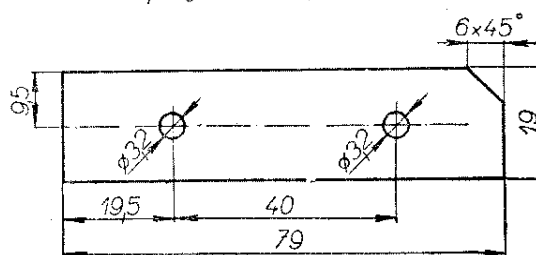
Obr. 4. Uložení zdrojů

mat. laminát, texgumoid tl. 15±2 mm



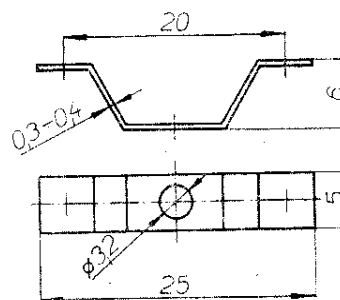
Obr. 5a. Zadní destička s kontakty

mat. laminát, texgumoid tl. 15±2 mm



Obr. 5b. Přední destička s kontakty

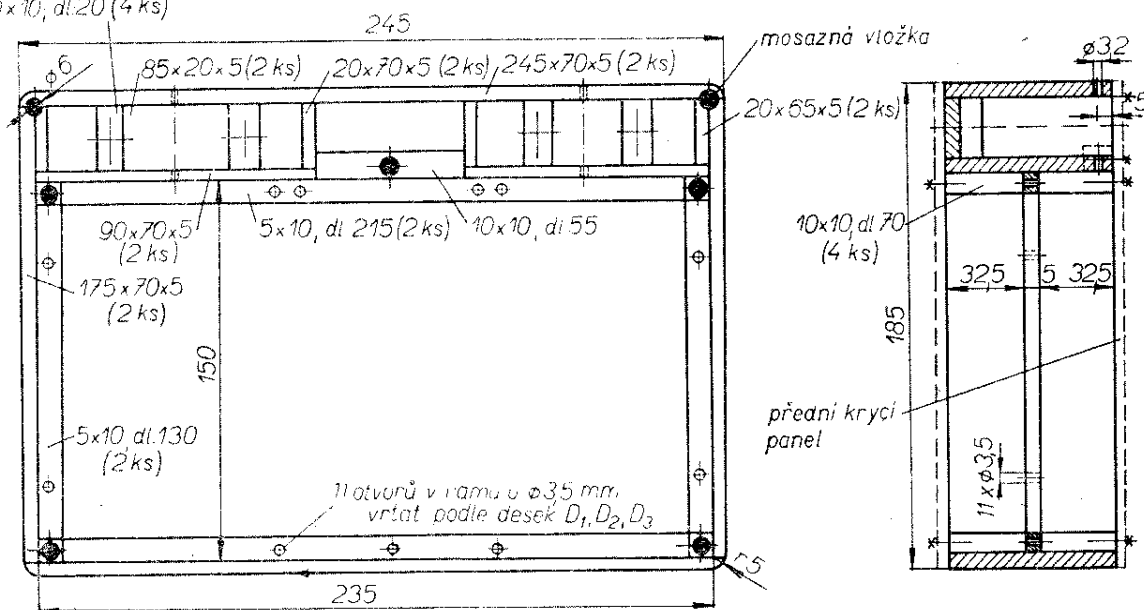
mat. fosforový bronz



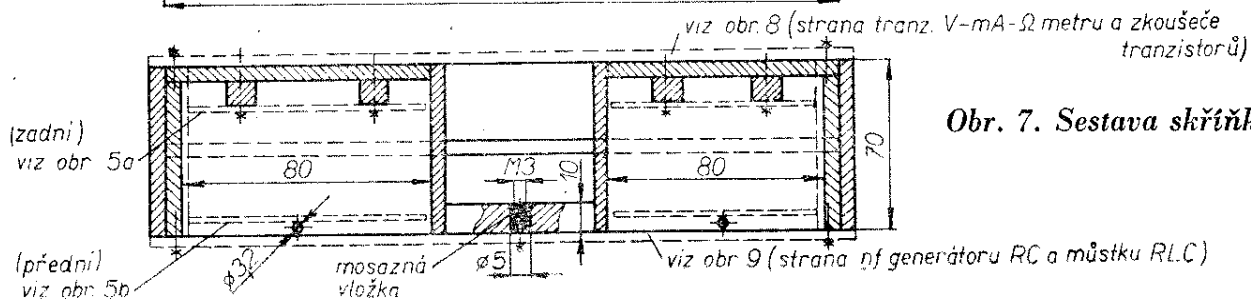
Obr. 6. Kontaktní pružina pro spojování článků

nak budou pružiny v ohybech praskat. Vývody ze zdroje spojujeme s destičkami ohebnými kablíky, nejlépe barevnými.

10x10, dl.20 (4 ks)



Obr. 7. Sestava skřínky



## Skříňka přístroje

Skříňku zhotovíme z překližky a modelářských lišt. Oba čelní panely jsou z organického skla, pod které při konečné montáži vložíme krycí štítky s popisem. Rozměry skříňky jsou na obr. 7. Je to výkres sestavení, kde jsou vepsány rozměry jednotlivých dílů. Pro snadnější přípravu a výrobu uvádíme rozpis jednotlivých dílů:

Překližka tl. 5 mm: 2 kusy  $245 \times 70$  mm, 2 kusy  $175 \times 70$  mm, 2 kusy  $90 \times 70$  mm, 4 kusy  $65 \times 20$  mm, 2 kusy  $85 \times 20$  mm.

Lišty  $10 \times 10$  mm: 4 kusy délky 70 mm, 1 kus délky 55 mm, 4 kusy délky 20 mm.

Lišty  $5 \times 10$  mm: 2 kusy délky 215 mm, 2 kusy délky 130 mm.

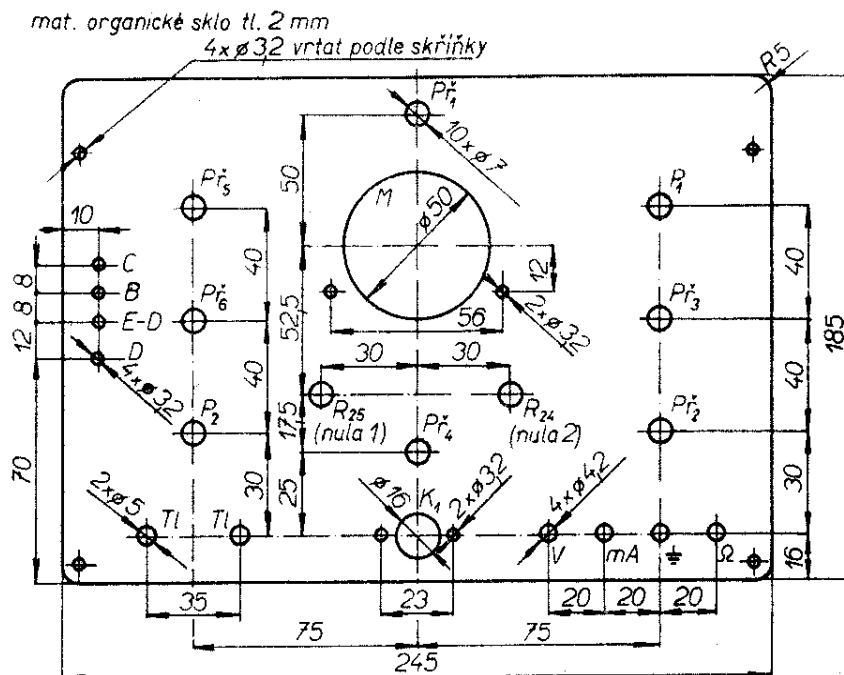
Organické sklo tl. 2 mm: 1 kus  $245 \times 185$  mm (obr. 8).

1 kus  $245 \times 157,5$  mm (obr. 9).

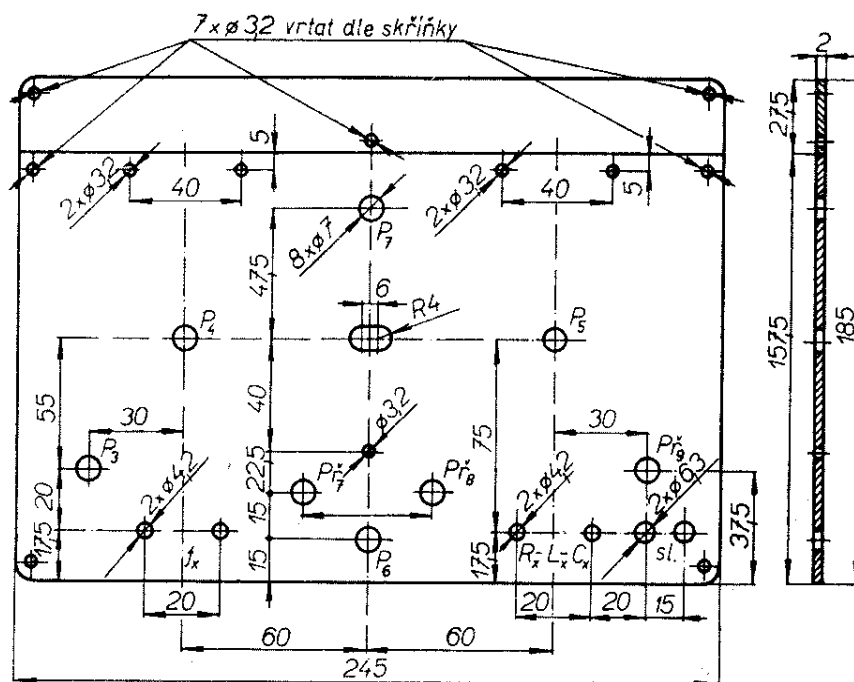
1 kus  $245 \times 27,5$  mm – kryt zdrojů.

Skelný laminát tl. 2 mm: 4 kusy  $79 \times 19$  mm (obr. 5a, 5b). Na tyto kontaktní destičky můžeme použít i texgumoid nebo pertinax.

Ostatní materiál: 11 kusů mosazných

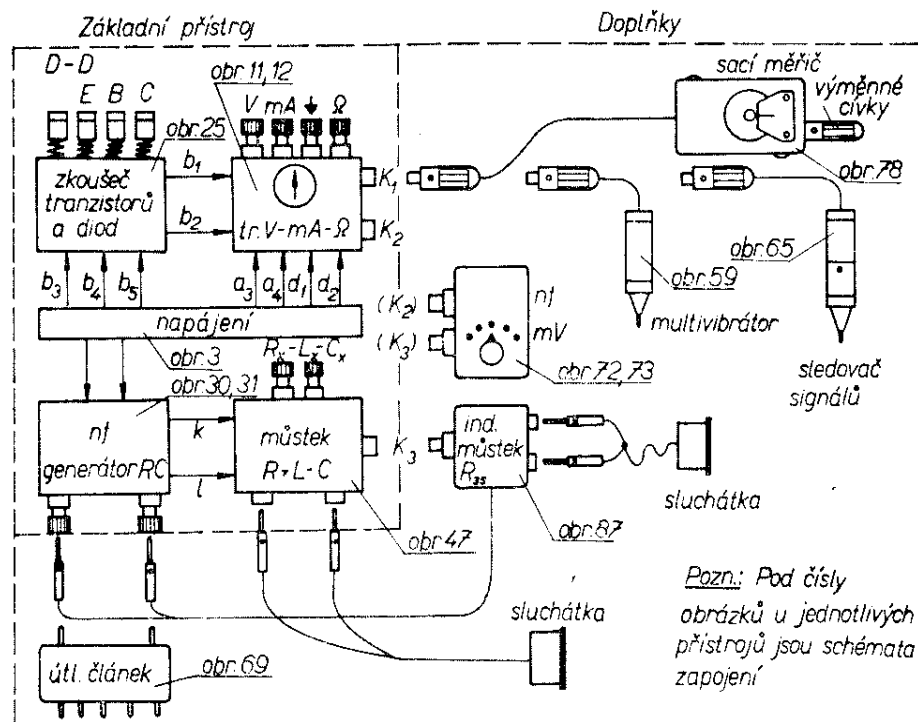


Obr. 8. Panel tranzistorového V-mA-ohmmetru a zkoušeče tranzistorů



Obr. 9. Panel generátoru RC a můstku RLC

Obr. 10. Blokové schéma měřicího přístroje včetně doplňků



vložek o  $\varnothing$  5 mm, dlouhých 10 mm s vnitřním závitem M3 (obr. 7); 11 šroubků M3 s válcovou hlavou, nejlépe chromované; 4 šroubky do dřeva o  $\varnothing$  2,5 mm, délka 8 mm.

Všechny díly skříňky nařežeme přesně podle udaných rozměrů a dbáme, aby jednotlivé hrany byly na sebe kolmé. Všechny díly slepíme epoxidovým lepidlem. Nejprve sestavíme obvodové díly, které zajistíme drobnými hřebíčky nebo zkrácenými špendlíky. Pak přilepíme vnitřní stěny prostoru pro baterie a nakonec vlepíme dělicí lištu pro připevnění desítek s plošnými spoji. Při slepování stále kontrolujeme kolmost stěn. Slepovou skříňku necháme aspoň 24 hodin schnout aby se lepidlo vytvrdilo. Pak do míst označených na obr. 7 plným kolečkem vyvrtáme otvory o  $\varnothing$  5 mm minimálně do hloubky 12 mm. Stejným lepidlem, jakým jsme lepili skříňku, zalepíme do těchto otvorů mosazné vložky a opět necháme lepidlo 24 hodin vytvrdit. Teprve potom můžeme přikročit ke konečné úpravě skříňky. Na rovnou desku, prkno nebo pracovní stůl připevníme arch skleného papíru a zabrousíme obě čelní plochy skříňky. Změříme skutečné rozteče závitů vlepených vložek a přeneseme je na krycí panely z organického skla. Tyto

panely můžeme uříznout o něco větší, než uvádí rozpis dílů. Do obou panelů i krytu zdrojů vyvrtáme přesně otvory o  $\varnothing$  3,5 mm a přišroubujeme je ke skřínce. Pak společně s těmito panely zabrousíme boční stěny skříňky. Nakonec zaoblíme rohy skříňky a srazíme hrany na krycích panelech. Panely odšroubujeme, vyznačíme zbývající otvory podle obr. 8 a 9 a vyvrtáme je. Postupujeme při tom opatrně, protože organické sklo je křehké. Abychom panely na povrchu nepoškrábali, podkládáme pod ně při každé manipulaci tlustší papír. Také ve skřínce vyvrtáme zbývající otvory, začistíme vnitřek a zbavíme jej prachu z broušení. Boční stěny hotové skříňky polepíme knihařským plátnem a vnitřek natřeme nitrolakem nebo jiným lakem. Na vnější stěnu dna přilepíme dvě plstěné podložky široké asi 25 mm (přes celou hloubku skříňky), nebo připevníme čtyři malé pryžové nožky. Držadlo jsem použil z magnetofonu B3 (z výprodeje).

Blokové uspořádání přístroje se všemi doplňkovými přístroji, které budou popsány, je na obr. 10.

Nyní, když máme hotovou skříňku, můžeme začít se stavbou prvního a nejdůležitějšího přístroje, který budeme již přistavbě dalších přístrojů často používat.

# Tranzistorový V-mA-Ω-metr

## Technické vlastnosti

Měření stejnosměrných i střídavých napětí: 0,3 – 1 – 3 – 10 – 30 – 100 – 300 – 1000 V.

Měření stejnosměrných i střídavých proudů: 1 – 10 – 100 mA – 1 A;

200  $\mu$ A – přímo na konektoru  $K_1$ ;

10 A – s vnějším bočnickem 0,03  $\Omega$ .

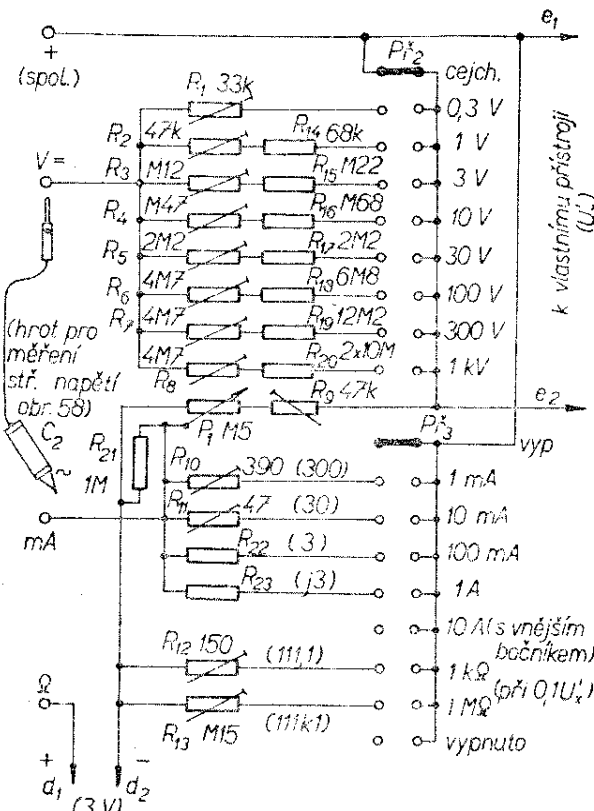
Měření odporů: 0 ÷ 1000  $\Omega$ , 0 ÷ 1 M $\Omega$ .  
(Přímoukazující ohmmetr slouží především k přibližnému stanovení odporu a jako zkoušeč obvodů).

## Volba zapojení

Aby byla zaručena stabilita nuly nezávisle na teplotě okolí, je použito můstkové zapojení, v němž dvě větve tvoří souměrný zesilovač a zbývající dvě větve odpory. Tímto zapojením jsou zbytkové proudy, které mají vliv na kolísání nuly, navzájem kompenzovány. Kompenzace proudu změnou zesílení v závislosti na teplotě je vzhledem k méně náročným požadavkům na přístroj opominuta. Uvážíme-li, že budeme přístroj používat při pokojové teplotě, nejsou tyto změny podstatné a nezhoršují stabilitu nuly ani přesnost měření.

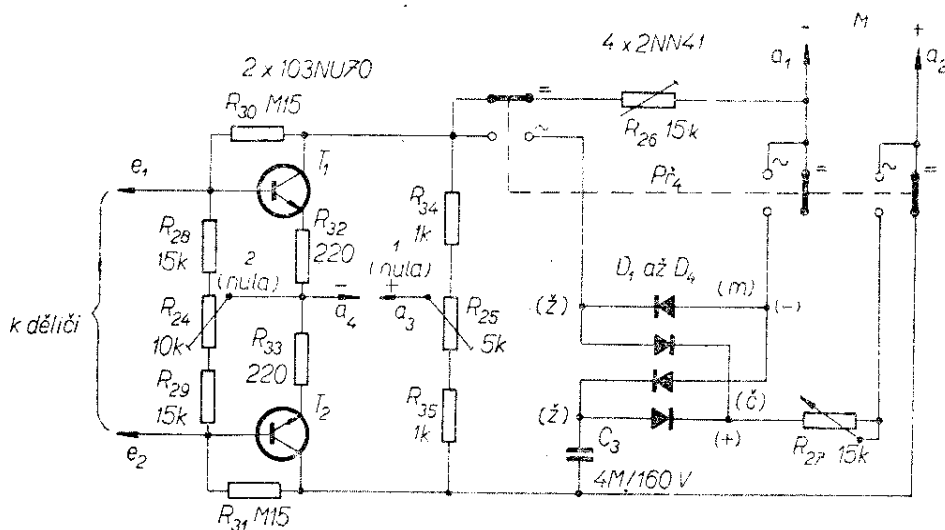
## Popis zapojení

Schéma voltmetru je na obr. 11, vstupní dělič na obr. 12. Měřené napětí přivádíme přes vstupní dělič na báze obou tran-



Obr. 12. Vstupní dělič tranzistorového V-mA-ohmmetru

zistorů, které pracují jako souměrný zesilovač. Klidový proud báží je nastaven děličem  $R_{24}$  tak, aby měřený proud pro maximální výchylku byl vždy menší než klidový proud báží. V kolektorovém obvodu zesilovače tvoří druhé dvě větve můstku odpory. Střed tvoří potenciometr  $R_{25}$ , jímž se nastavuje elektrická nula měřicího přístroje při zkratovaném vstupu (přepínač  $P_2$  v poloze CEJCH). Potenciometrem  $R_{24}$  v obvodech obou báží



Obr. 11. Zesilovač tranzistorového voltmetru

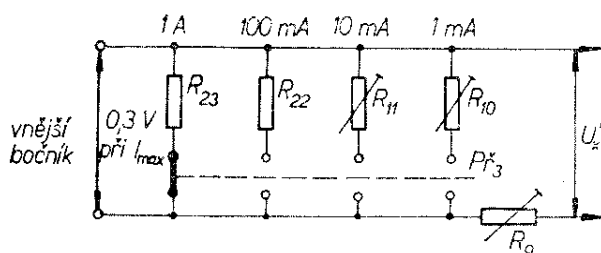


se nastavuje nula při rozpojených vstupních svorkách, tj. s přepínačem  $P_2$  v kterékoli poloze. Přepínačem  $P_4$  volíme druh měřeného proudu (stejnoseměrný nebo střídavý). Při měření stejnosměrného proudu prochází tento proud k měřidlu přes odporový trimr  $R_{26}$ , jímž se nastavuje celková citlivost přístroje při stejnosměrném měření. Při střídavém měření zastává tuto funkci odporový trimr  $R_{27}$ . Střídavý proud usměrňujeme kuproxovým nebo diodovým usměrňovačem  $D_1$  až  $D_4$ . Vstupní dělič tvoří na každém rozsahu sériová kombinace pevného odporu a odporového trimru, takže se rozsahy při nastavování navzájem neovlivňují a cejchování je rychlé a pohodlné. Přístroj je doplněn obvody, které umožňují měřit proudy a tvoří z voltmetru také přímoukazuující ohmmetr.

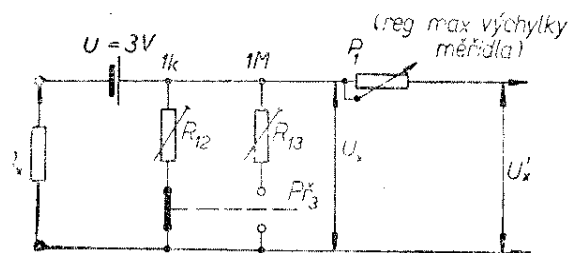
Při měření proudů měříme prakticky úbytek napětí na odporu, který je úměrný procházejícímu proudu. K získání tohoto napětí slouží odpory  $R_{10}$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{23}$ , popřípadě vnější bočník pro rozsah 10 A. Odpor tohoto bočníku je  $0,03 \Omega$  a připojujeme jej přímo na svorky vstupu. Pro přibližné měření odporů do  $1 \text{ M}\Omega$  jsou do přístroje vestavěny odpory  $R_{12}$  a  $R_{13}$ . Z baterie  $B_7$  a  $B_8$  přivádíme pomocné napětí 3 V a na zařazených odporech měříme opět úbytek napětí. Při nekonečně velkém odporu  $R_x$  bude výchylka ručky nulová a při nulovém odporu  $R_x$  bude maximální. Abychom vyloučili pokles napětí zdroje, nastavujeme před každým měřením potenciometrem  $P_1$  maximální výchylku ručky měřidla při zkratovaných měřicích hrotech.

#### Výpočet odporů k měření proudu

Schéma bočníků je na obr. 13. Volíme rozsahy 1 – 10 – 100 mA – 1 A – 10 A



Obr. 13. Zjednodušené schéma k výpočtu bočníků miliampérmetru



Obr. 14. Zjednodušené schéma k výpočtu odporů ohmmetru

s tím, že pro rozsah 10 A budeme používat vnější bočník. Tento nejvyšší rozsah se opět v tranzistorové technice málo vyskytuje, takže bude sloužit jen k mimořádnému měření. Odpor bočníků musí být tak velký, aby při maximální volené hodnotě jednotlivých rozsahů vzniklo na něm napětí 0,3 V. To znamená, že pro rozsah:

1 mA — bude odpor  $R_{10} = 0,3/1 = 0,3 \text{ k}\Omega = 300 \Omega$ . Pro tento rozsah volíme drátový trimr 390  $\Omega$ .

10 mA —  $R_{11} = 0,3/10 = 0,03 \text{ k}\Omega = 30 \Omega$ . Pro tento rozsah volíme drátový trimr 47  $\Omega$ .

100 mA — odpor  $R_{12}$  bude opět desetkrát menší, tj. 3  $\Omega$ . Odpor navineme z nikelinového drátu, který získáme ze starého drátového odporu nebo potenciometru. Drát navineme na trn o  $\varnothing$  asi 6 mm.

1 A — odpor  $R_{23}$  bude 0,3  $\Omega$ . Také tento odpor navineme z nikelinového drátu o  $\varnothing$  0,5 mm. Délka pro tento průměr bude asi 2,5 m. Drát navineme na stejný průměr jako odpor  $R_{12}$ .

10 A — odpor tohoto bočníku bude 0,03  $\Omega$ . Aby se bočník průtokem proudu příliš nezahříval, použijeme nikelinový drát o  $\varnothing$  3 mm a délce asi 450 mm. Z drátu vytvoříme vlásenku, kterou budeme zapojovat přímo do příslušných svorek panelu. Všechny tyto odpory nastavíme při cejchování s přesností alespoň  $\pm 1 \%$ .

#### Výpočet odporů k ohmmetru

Schéma pro tento výpočet je na obr. 14. V sérii s baterií jsou zapojeny odpory  $R_{12}$  nebo  $R_{13}$ . Na těchto odporech měříme tranzistorovým voltmetrem napětí, které je závislé na velikosti měřeného  $R_x$ . Volíme rozsahy 1 k $\Omega$  a 1 M $\Omega$  při  $U_x = 0,3 \text{ V}$  při napětí zdroje  $U = 3 \text{ V}$ .

Rozsah 1 k $\Omega$ : odpor  $R_{12}$  vypočteme ze vzorce:

$$R_{12} = \frac{U_x R_x}{U - U_x} = \frac{0,3 \cdot 1\,000}{3 - 0,3} = \frac{300}{2,7} = 111,1\, \Omega.$$

Volíme trimr 150  $\Omega$ .

Rozsah 1 M $\Omega$ : odpor  $R_{13}$  bude

$$R_{13} = \frac{0,3 \cdot 10^6}{2,7} = \frac{3 \cdot 10^5}{2,7} = 111,1\, \text{k}\Omega.$$

Volíme trimr 150 k $\Omega$ .

Oba odpory při cejchování opět nastavíme s maximální přesností. Upravíme-li tento vzorec, můžeme si jednotlivé velikosti měřených odporů  $R_x$  předem vypočítat a na stupnici označit. Pro zjednodušení uvádím tabulku různých odporů  $R_x$ . ( $U_x$  se vztahuje ke stodílkové stupnici.)

účelné zhotovit si pro přístroj nové stupnice. Pro ty, kdo se rozhodnou pro toto řešení, popíši postup zhotovení a výměny stupnice. Nejprve měřidlo opatrně otevřeme a odšroubujeme původní stupnici.

Vyjmeme měřicí systém a zadní část bakelitového krytu měřidla odřízneme, aby se měřicí přístroj vešel do vymezeného prostoru. Pak odstraníme ručku a nahradíme ji nožovou, kterou si však musíme vyrobit sami. Ze starého elektrolytického kondenzátoru získáme materiál – hliníkovou fólii; odstříhneme z ní proužek široký asi 3 mm. Dále potřebujeme tři kousky hladkého drátu, nejlépe měděného, lakovaného (průměry 1, 0,7 a 0,5 mm) a konečně dva kousky skla, mezi nimiž budeme válcovat trubičku z hliníkové fólie. Proužek pozorně přehneme přes nejtlustší drát, přihladíme prsty a

Tab. 1. Hodnoty odporové stupnice

$R_x$ [ $\Omega$ ]	$U_x$ [dítky]	$R_x$ [ $\Omega$ ]	$U_x$ [dítky]	$R_x$ [ $\Omega$ ]	$U_x$ [dítky]	$R_x$ [ $\Omega$ ]	$U_x$ [dítky]
0	100	35	76,0	90	55,2	300	27,0
5	95,7	40	73,5	100	52,7	400	21,7
10	91,8	45	71,1	125	47,3	500	18,2
15	88,2	50	69,0	150	41,7	750	12,8
20	84,2	60	64,9	175	38,8	1 000	10,0
25	81,7	70	61,4	200	35,7	2 500	8,17
30	78,8	80	58,2	250	30,8	5 000	6,90

Odpory  $R_x$  jsou pro první rozsah vyjádřeny v ohmech, pro druhý v kiloohmech, napětí  $U_x$  v setinách stodílkové stupnice.

#### Úprava vlastního měřidla

Jako měřidlo jsem použil mikroampérmetr DHR5 se základním rozsahem 200  $\mu$ A. Dvěstředílková stupnice se však pro náš přístroj nehodí – museli bychom použít převodní tabulky nebo porovnávací stupnice. Obojí je však nevýhodné, protože tento způsob čtení na měřidle je nepřesný a zdržuje v práci. Proto je

mezi skly vyvácujeme. Potom drát vytáhneme, vložíme tenčí a opět opatrně válcujeme. Končíme s drátem o  $\varnothing$  0,5 mm. Kulatý profil ručičky ponecháme v délce asi 8 mm. Zbytek do celkové délky 42 mm zploštíme mezi skly a obarvíme černou tuší. Novou ručku nasuneme na původní trn a přilepíme acetonovou barvou. Cínem, který nanášíme na vyvažovací jazýčky ručkového systému, vyvážíme novou ručku tak, aby při svislé i vodorovné poloze měřidla šel přístroj mechanicky vynulovat a aby ručka měla hladký chod po celé délce stupnice.

Nyní si na pauzovací papír nakreslíme zvětšenou stupnici v měřítku asi 3 : 1. Budou to vlastně tři stupnice: největší o poloměru 38 a 39 mm, na kterou nakreslíme nahoru desetidílkovou stupnici s dělením po 0,25 dílku a dolů třicetidílkovou stupnici s dělením po jednom dílku. Tyto dvě stupnice budou sloužit k měření stejnosměrných napětí a proudů. Na stupnici o poloměru 23 a 24 mm nakreslíme na horní část odporovou stupnici podle tab. 1. Na dolní část nakreslíme stupnici s 250 dílky s dělením po 25 dílcích. Stupnice s 250 dílky bude sloužit k měření zesilovacího činitele tranzistorů. Střední stupnice o poloměru 31 a 32 mm zůstane prozatím prázdná. Tuto stupnici doplníme až po cejchování střídavých rozsahů. Abychom při zvětšování dodrželi správnou velikost stupnice, vyznačíme na výkresu úsečku představující určitou délku, např. 5 cm. Při kopírování pak kontrolujeme její délku při naprosto ostrém obrazu stupnice. Konečně vyznačíme připevňovací otvory podle původní stupnice a ostatní značky. Nakreslenou stupnici zezadu osvětlíme, ofotografujeme na film „Dokument“ a zhotovíme kopii správných rozměrů. Stupnici vystředíme, lehce přilepíme na původní plechovou a přístroj opět sestavíme (stupnice ve skutečné velikosti je na obr. 15). Kdo nemá odvahu nebo prostředky k této práci, může si raději zhotovit převodní stupnice nebo si dát stupnici ofotografovat.

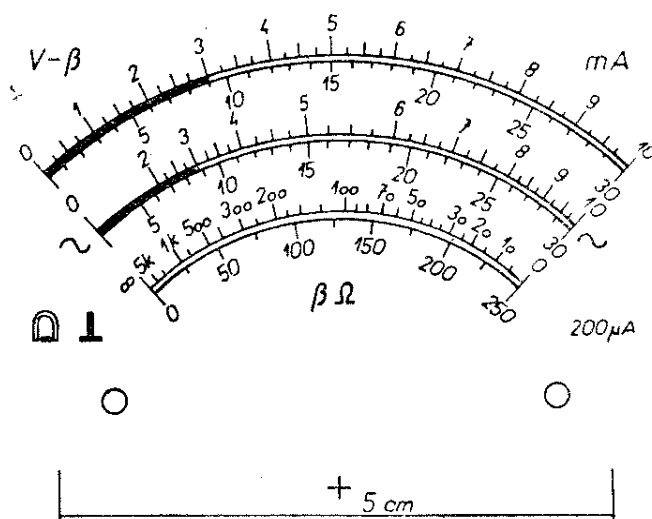
## Použité součástky a stavba

Rozmístění součástek nemá na funkci přístroje vliv. Oba tranzistory jsou zasunuty do měděného bloku, abychom dosáhli lepší stability nuly. Tranzistory musí být párovány. Kupujeme-li tranzistory párované již v továrně, dáme si je v prodejně změřit a koupíme jen ty, které mají skutečně stejný zbytkový proud a zesilovací činitel. Vyhoví libovolný pár, který má zesílení alespoň 60 a kolektorovou ztrátu 70 až 150 mW. Ve vzorku jsem použil tranzistory 103NU70.

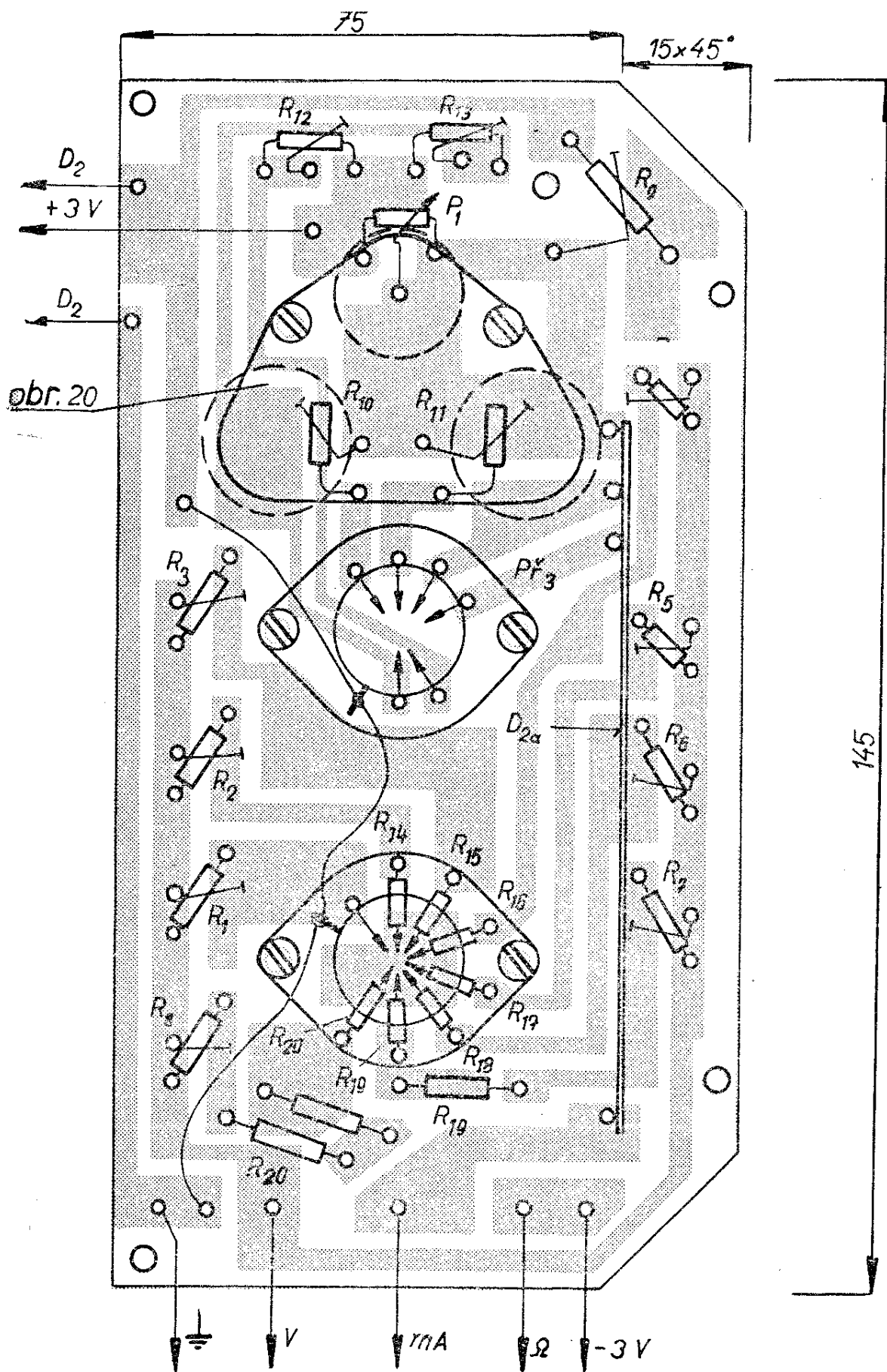
Celý tranzistorový voltmetr je rozvržen na dvě destičky s plošnými spoji. Na destičce  $D_1$  (obr. 16) je vstupní dělič z obr. 12 a na obr. 17 je destička  $D_2$ , na níž jsou umístěny součástky zesilovače podle obr. 11. Na této destičce (v její horní zúžené části) je přepínač  $Př_1$ , který přepíná měřidlo a napájení k tranzistorovému voltmetru nebo zkoušeči tranzistorů. Odpory  $R_{22}$  a  $R_{23}$  jsou připájeny k destičce  $D_{2a}$  podle obr. 18 a ta jako celek je připájena do desky  $D_1$  (kolmo na ni).

## Mechanické díly

Při volbě přepínačů pro celý přístroj jsme postaveni před skutečnost, že cenově dostupné přepínače jsou rozměrově příliš velké a ty, které by vyhovovaly rozměry, jsou neúnosně drahé. Tento fakt mě přinutil, abych si sám zkonstruoval přepínač,

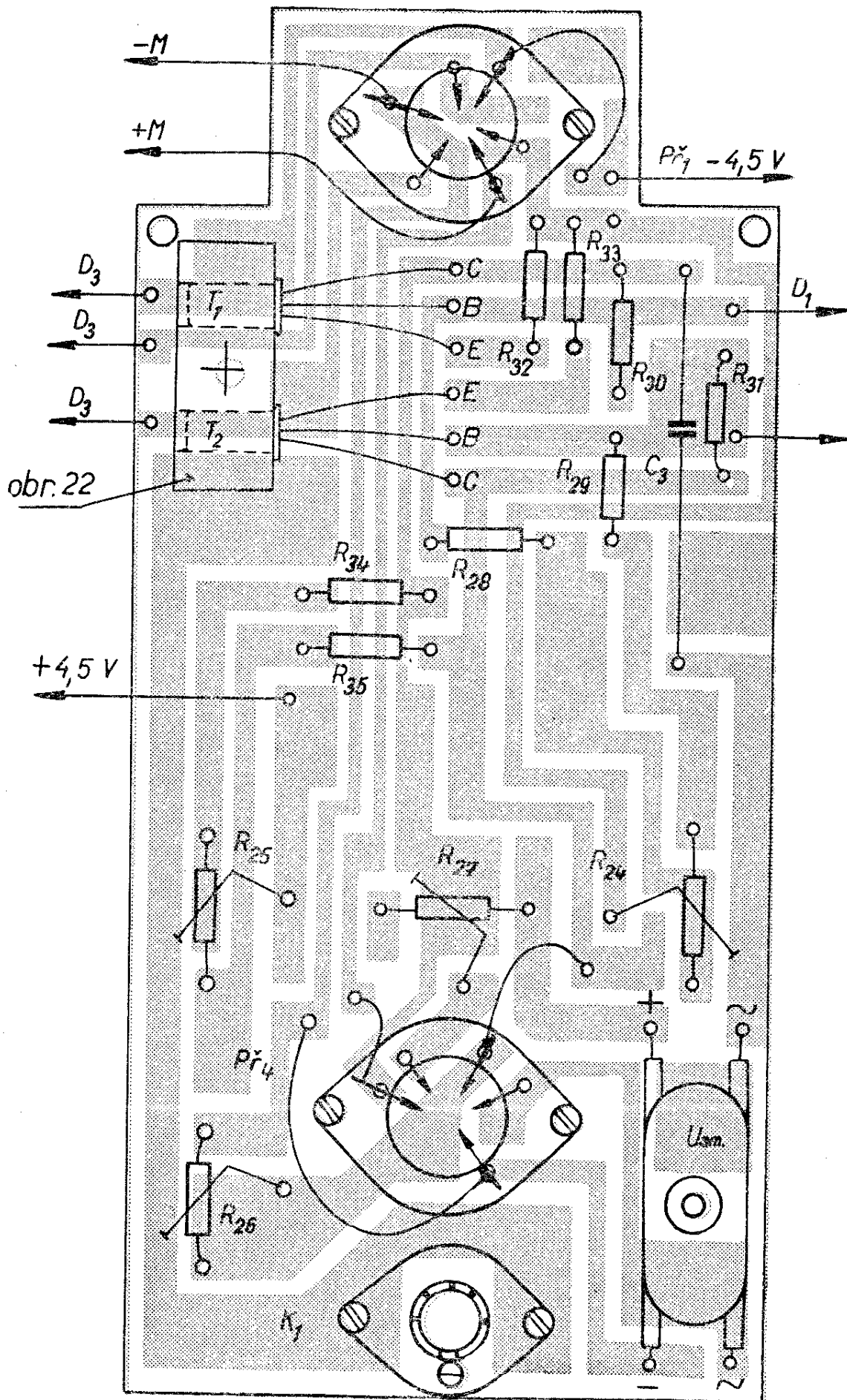


Obr. 15. Stupnice měřicího přístroje

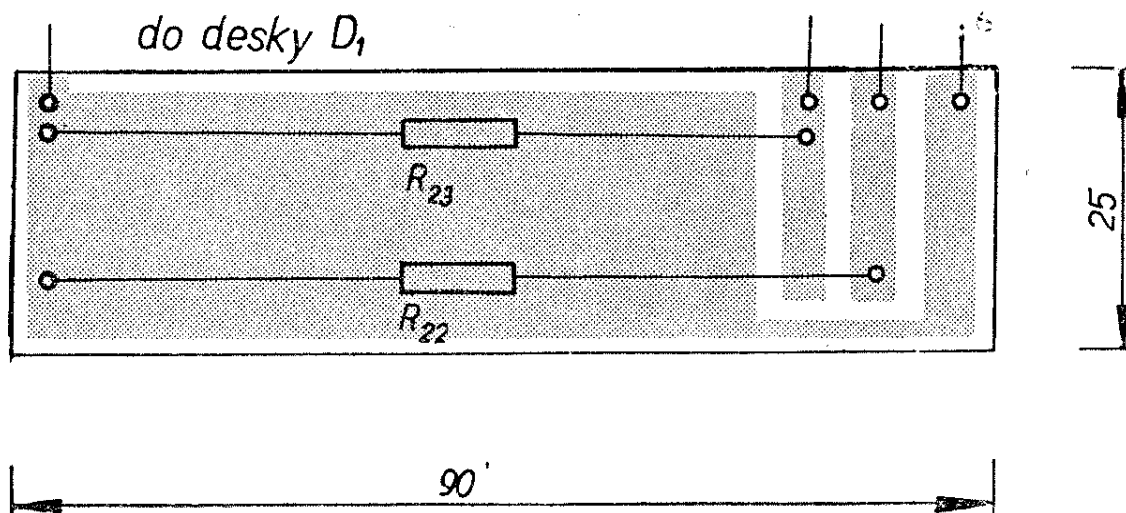


Obr. 16. Deska s plošnými spoji  $D_1$  (neoznačený trimr je  $R_1$ )

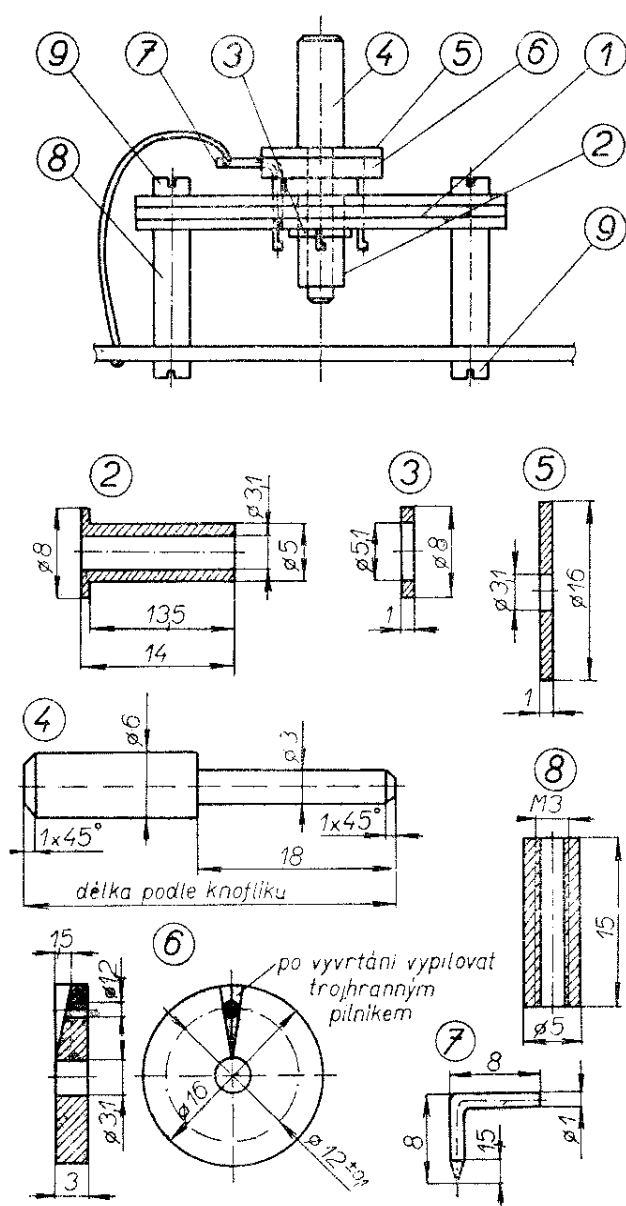
$$12 \cdot \frac{2}{69} R_K$$



Obr. 17. Deska s plošnými spoji  $D_2$



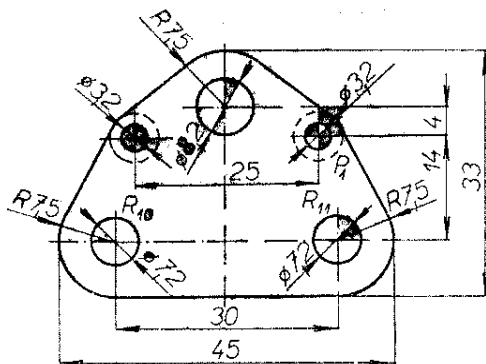
Obr. 18. Deska s plošnými spoji  $D_{2a}$



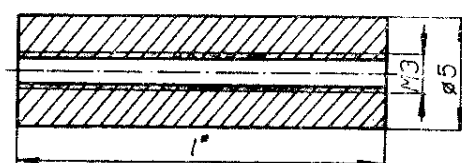
Obr. 19. Přepínač rozsahů a jeho mechanické díly

který bude malý, spolehlivý, levný a bude vyhovovat pro práci na plošných spoji. Jako hlavní součást budoucího přepínače použijeme novalovou pertinaxovou objímku (obr. 19). Do připevňovacích otvorů vložíme šrouby a pertinaxové destičky, z nichž se objímka skládá pevně stáhneme. Střední dutý nýt, který patici drží pohromadě, odvrtáme a otvor zvětšíme na  $\varnothing 5$  mm. Do tohoto otvoru zalepíme epoxidovým tmelem ložisko 2 a z druhé strany objímky přilepíme podložku 3. Celek mírně zatížíme a necháme vytvrdit asi 24 hodin. Druhý díl přepínače musíme zhotovit sami. Skládá se z hřídele 4 (hodí se odříznutý hřídel potenciometru), k němuž opět epoxidovým tmelem přilepíme dva kroužky 5 a 6. Mezi ně vložíme do vyvrtaných otvorů postříbřené a podle výkresu vytvarované kontakty 7, které zhotovíme z drátu o průměru 1 mm.

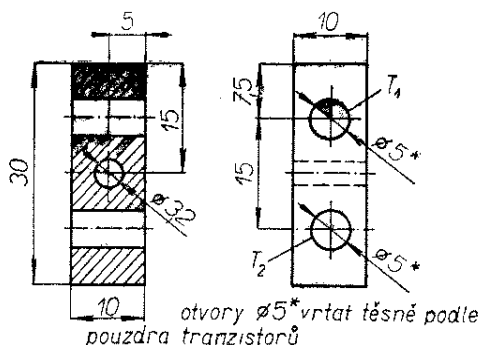
Po dohotovení připevníme přepínač na distančních sloupcích 8 k destičce s plošnými spoji šroubky 9 (M3  $\times$  5). Výška sloupků je volena tak, aby se horní část přepínače dala pohodlně vytáhnout a otočit bez nebezpečí ohnutí kontaktů, aby se však přitom hřídel nevysunul z ložiska. Kontakt 7 je v našem případě společným vývodem přepínače, který spojíme s destičkou pokud možno tenkým ohebným lankem (lehký chod přepínače). Z popisu již jistě vyplynulo, že mezi kotouče (5 a 6) můžeme v potřebných roztečích zalepit více kontaktů 7. Tím je možno získat tyto kombinace přepínání:  $1 \times 2$  až  $1 \times 9$ ;



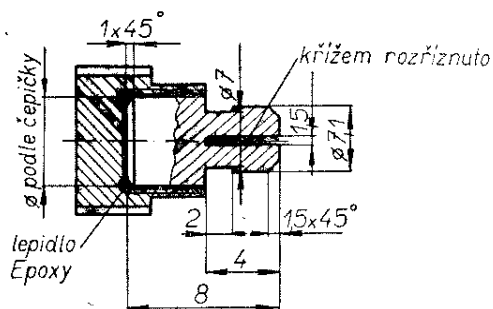
Obr. 20. Držák pro odporové trimry  $R_{10}$  a  $R_{11}$  a potenciometr  $P_1$



$l^*$  - podle použité součásti  
Obr. 21. Sloupek držáků



Obr. 22. Chladicí měděný blok pro tranzistory  $T_1$  a  $T_2$



Obr. 23. Krycí knoflík

$2 \times 2$  až  $2 \times 4$ ;  $3 \times 2$  až  $3 \times 3$  a  $4 \times 2$ . Přístroj lze jednoduše vypnout vytažením horního dílu přepínače. S uvedenými přepínacími alternativami vystačíme pro celý náš přístroj. Přepínáme tak, že hřídel, na němž je nad panelem připevněn knoflík,

vytáhneme a zasuneme do zvoleného kontaktu v objímce. Je to u přepínače pohyb neobvyklý, ale mám dojem, že jde pouze o zvyk.

Pro tranzistorový voltmetr (pro destičky  $D_1$  a  $D_2$ ) potřebujeme tyto přepínače:

$Př_1$  -  $3 \times 3$  polohy (to znamená, že v kroužku přepínače budou zalepeny 3 kontakty po  $120^\circ$ );

$Př_2, Př_3$  -  $1 \times 9$  poloh (1 kontakt);

$Př_4$  -  $3 \times 2$  polohy (3 kontakty po  $120^\circ$ ).

Odpory  $R_{10}$  a  $R_{11}$  jsou spolu i s potenciometrem  $P_1$  připevněny na plechovém držáku podle obr. 20, který je k destičce přišroubován na sloupcích podle obr. 21. Jsou to stejné sloupky jako u přepínačů a jejich výšku volíme opět podle použitých součástek. Měděný chladič blok pro tranzistory zhotovíme podle obr. 22.

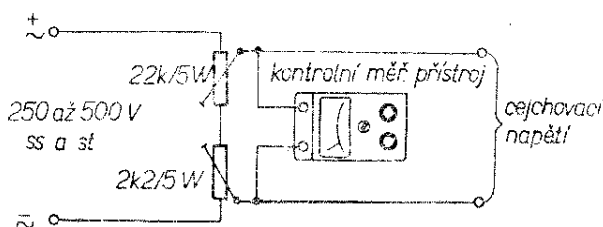
Regulace nuly (trimr  $R_{25}$  a  $R_{24}$ ) není vyvedena na panel knoflíkem, ale ovládá se šroubovákem otvorem v panelu. Tyto otvory jsou kryty vytahovacími knoflíky zhotovenými podle obr. 23. K výrobě se hodí čepičky na tubu od březového šamponu apod. Do čepičky, kterou dobře odmastíme, zalepíme epoxidovým lepidlem podélně rozříznuté čípky, aby v otvoru držely a nevypadávaly.

## Cejchování přístroje

Po osazení a sestavení destiček  $D_1$ ,  $D_2$  a  $D_{2a}$  můžeme první přístroj uvést do chodu. Obě destičky si položíme na stůl vedle sebe tak, jak budou vestavěny ve skřínce. Propojíme je navzájem v bodech ležících proti sobě. K destičce  $D_2$  provizorně připojíme plochou baterii. K otočné části přepínače  $Př_1$  připojíme měřidlo s novou stupnicí (dáváme přitom pozor na polaritu zdroje i měřidla). Přepínačem  $Př_1$  připojíme zdroj k zesilovači. Přepínač  $Př_2$  nastavíme do polohy CEJCH a přístroj vynulujeme trimrem  $R_{25}$ . Pak přepneme přepínač  $Př_2$  do libovolné polohy (nebo necháme vytažený) a vyrovnáme nulu měřidla trimrem  $R_{24}$ . Postup několikrát opakujeme. Pro kontrolu můžeme změřit jiným měřidlem proud bázi obou tranzistorů, který je při vyváženém můstku asi

100  $\mu$ A. Při tomto proudu je na kolektorech obou tranzistorů napětí asi 2 V.

K cejchování potřebujeme libovolný zdroj stejnosměrného a střídavého napětí alespoň 250 V. Stejnosměrné napětí můžeme v nouzi odebírat z rozhlasového přijímače, zesilovače apod., střídavé z anodového vinutí transformátoru (pozor na zkrat a nebezpečí úrazu). K těmto zdrojům připojíme do série dva drátové potenciometry: 22 k $\Omega$ /5 W a 2,2 k $\Omega$ /5 W. Z běžců těchto potenciometrů můžeme odebírat cejchovací napětí od nuly až do maxima, přičemž potenciometr 22 k $\Omega$  slouží k hrubému nastavení a potenciometr 2,2 k $\Omega$  k jemnému nastavení napětí. Nastavené napětí kontrolujeme dobrým voltmetrem (Avometem nebo elektronkovým voltmetrem). Schéma cejchovacího přípravku je na obr. 24.



Obr. 24. Cejchovací přípravek

Nyní přepneme přepínač  $Př_4$  do polohy, v níž se měří stejnosměrné napětí. Přepínač  $Př_2$  přepneme na rozsah 100 V, trimr  $R_6$  nastavíme asi na 2 M $\Omega$  (tj. přibližně do poloviny jeho odporové dráhy) a můžeme na vstupní svorky přivést stejnosměrné napětí 100 V. Trimrem  $R_{26}$  nastavíme celkovou citlivost přístroje tak, aby ručka mírně překročila maximální výchylku. Pak cejchovacími potenciometry nastavujeme napětí odpovídající maximálním výchylkám jednotlivých rozsahů a tyto výchylky nastavujeme příslušnými trimry. Nemůžeme-li některý rozsah upravit, musíme změnit celkovou citlivost přístroje nebo odpory  $R_{14}$  až  $R_{20}$ . Po pečlivém nastavení všech rozsahů zajistíme všechny trimry proti pootočení kapkou nitrolaku. Je vhodné zkontrolovat ještě linearitu stupnice tím, že zmenšujeme cejchovací napětí a porovnáváme údaje obou měřidel; ty se nesmějí vzájemně lišit.

Tím je stejnosměrné cejchování skončeno a můžeme přistoupit k nastavení celkové citlivosti na střídavých rozsazích. Přepínač  $Př_4$  přepneme na střídavé rozsahy. Přepínač  $Př_2$  přepneme na rozsah 100 V a na vstupní svorky přivedeme střídavé napětí 100 V. Trimrem  $R_{27}$  nastavíme maximální výchylku ručky. Stejným postupem kontrolujeme všechny další rozsahy (maximální výchylku ručky). Pak již zbývá jen ocejchovat střídavou stupnici měřidla. Postupujeme přitom takto: na vstupní svorky přivedeme stř. napětí 100 V; to znamená, že ručka měřidla bude ukazovat maximální výchylku. Pak zmenšujeme postupně cejchovací napětí podle kontrolního přístroje po 5 V a zaznamenáváme si polohy ručky na měřidle (na stodílkové stupnici). Tímto postupem získáme tabulku, kterou přeneseme na předlohu stupnice, popíšeme, ofotografujeme a hotovou stupnici již definitivně přilepíme na původní plechovou stupnici měřidla.

Cejchování proudových a odporových rozsahů spočívá v přesném nastavení trimrů  $R_{10}$ ,  $R_{12}$ ,  $R_{13}$ ,  $R_{22}$  a  $R_{23}$  na potřebnou (vypočtenou) velikost.

### Seznam součástek

Odpory:  $R_1$  – trimr 33 k $\Omega$ ,  
 $R_2$  – trimr 47 k $\Omega$ ,  
 $R_3$  – trimr 120 k $\Omega$ ,  
 $R_4$  – trimr 470 k $\Omega$ ,  
 $R_5$  – trimr 2,2 M $\Omega$ ,  
 $R_6$  až  $R_8$  – trimr 4,7 M $\Omega$ ,  
 $R_9$  – trimr 47 k $\Omega$ ,  
 $R_{10}$  – drátový potenciometr miniaturní 390  $\Omega$ ,  
 $R_{11}$  – drátový potenciometr miniaturní 47  $\Omega$ ,  
 $R_{12}$  – drátový potenciometr miniaturní 150  $\Omega$ ,  
 $R_{13}$  – trimr 150 k $\Omega$ ,  
 $R_{14}$  – 68 k $\Omega$ ,  
 $R_{15}$  – 220 k $\Omega$ ,  
 $R_{16}$  – 680 k $\Omega$ ,  
 $R_{17}$  – 2,2 M $\Omega$ ,  
 $R_{18}$  – 6,8 M $\Omega$ ,  
 $R_{19}$  – 12,2 M $\Omega$ ,  
 $R_{20}$  – 20 M $\Omega$  ( $2 \times 10$  M $\Omega$ ),  
 $R_{21}$  – 1 M $\Omega$ ,  
 $R_{22}$  – 3  $\Omega \pm 1\%$ ,  
 $R_{23}$  – 0,3  $\Omega \pm 1\%$ ,  
 $R_{24}$  – trimr 10 k $\Omega$ ,  
 $R_{25}$  – trimr 5 k $\Omega$ ,  
 $R_{26}$  a  $R_{27}$  – trimr 15 k $\Omega$ ,  
 $R_{28}$  a  $R_{29}$  – 15 k $\Omega$ ,  
 $R_{30}$  a  $R_{31}$  – 150 k $\Omega$ ,  
 $R_{32}$  a  $R_{33}$  – 220  $\Omega$ ,  
 $R_{34}$  a  $R_{35}$  – 1 k $\Omega$ .

(Všechny odpory jsou na zatížení 0,25 W).



Kondenzátory:  $C_1 - 100 \mu\text{F}/6 \text{ V}$  (obr. 3),  
 $C_2 - 18 \text{ nF}/600 \text{ V}$  (viz obr. 58),  
 $C_3 - 4 \mu\text{F}/160 \text{ V}$ .  
Přepínače:  $P_1 - 3 \times 3$  polohy,  
 $P_2 - 1 \times 9$  poloh,  
 $P_3 - 1 \times 9$  poloh,  
 $P_4 - 3 \times 2$  polohy.  
Potenciometry:  $P_1 - 500 \text{ k}\Omega$ , lineární, miniaturní.  
Tranzistory:  $T_1, T_2 - 2 \times 103\text{NU}70$  (párované, s bílým označením).  
Diody:  $D_1$  až  $D_4 - 2\text{NN}41$  (nebo kuproxový můstkový usměrňovač  $1 \text{ mA}$ ).  
Měřidlo: Mikroampérmetr DHR5,  $200 \mu\text{A}$ .  
Ostatní materiál: 4 přístrojové svorky,  
5 malých knoflíků,  
1 konektor - zásuvka 6AF 282 20/22 - ( $K_1$ ).  
Napájecí zdroje:  $B_1$  až  $B_8 -$  články  $1,5 \text{ V}$  z baterie typu 223,  $B_9 -$  baterie  $9 \text{ V}$ , typ 51D.  
Napájecí konektory - zásuvky 6AF 282 20/22 ( $K_2, K_3$ ).

### Literatura

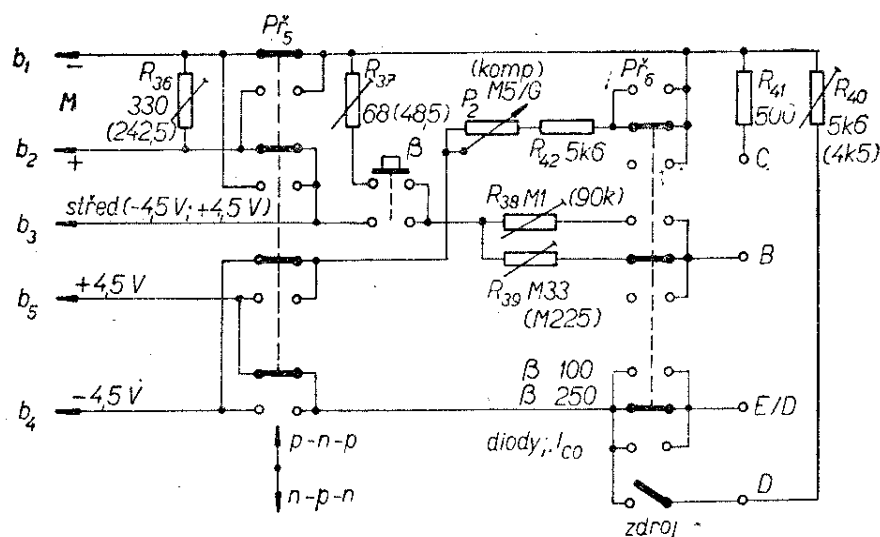
- [1] Bílý, Z.; Tranzistorový voltmetr. AR 1/65.
- [2] Vachek, V.; Přepínač z elektronkové objímky. AR 9/66.
- [3] Koudela, V.; Plošné spoje. SNTL: Praha 1966.

## Zkoušeč tranzistorů a diod

Tento přístroj umožňuje:

1. měření diod,
2. zkoušení tranzistorů s kolektorovou ztrátou do  $250 \text{ mW}$ ,
3. měření zbytkového proudu výkonových tranzistorů,
4. měření zbytkového proudu při zapojení se společným emitorem,

Obr. 25. Schéma zkoušeče tranzistorů a diod



5. měření zesilovacího činitele ve dvou rozsazích při různých proudech báze:

při  $I_B = 50 \mu\text{A}$  (rozsah 100),

$I_B = 20 \mu\text{A}$  (rozsah 250).

Při měření zesilovacího činitele je možné kompenzovat zbytkový proud v rozsahu  $10 \mu\text{A}$  až  $1 \text{ mA}$ .

### Volba a popis zapojení

Chceme-li úspěšně pracovat s tranzistorem, musíme bezpodmínečně znát jejich základní vlastnosti. Je to důležité, protože musíme tranzistoru nastavit takový pracovní bod, aby pracoval v lineární části charakteristiky, nebyl přetížen a nezničil se. Při opravách potřebujeme kromě toho často zjistit, je-li tranzistor dobrý.

Popisovaný přístroj umožňuje změřit nejdůležitější vlastnosti, tj. zbytkový proud kolektoru ( $I_{C0}$ ) a zesilací činitel tranzistoru ( $\beta$ ). Navíc je přístroj doplněn další měřicí svorkou, která umožňuje měření proudu diod v propustném i závěrném směru.

Zesilovací činitel je definován jako poměr přírůstku kolektorového proudu báze podle vzorce

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}.$$

Za předpokladu, že  $I_B$  je funkcí  $I_C$  a že jejich vzájemnou závislost budeme považovat za lineární, bude platit

$$\beta = \frac{I_C - I_{C0}}{I_B},$$

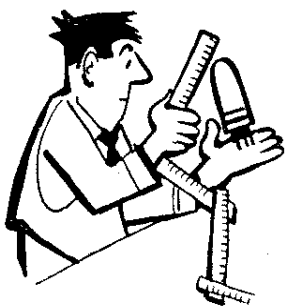
kde  $I_C$  je kolektorový proud odpovídající proudu báze  $I_B$ ,  
 $I_{C0}$  zbytkový proud kolektoru při  $I_B = 0$ .

Schéma přístroje je na obr. 25. Při měření zbytkového proudu  $I_{C0}$  prochází proud z baterie přes měřidlo a ochranný odpor  $R_{41}$  na svorku pro připojení kolektoru. Obvod báze je rozpojen, takže proud protéká přes emitorovou svorku  $E$  a přepínač k druhému pólu baterie. Měřidlo je upraveno odporem  $R_{36}$  na rozsah 1 mA. Zbytkový proud čteme na nejhořejší stodílkové stupnici. U germaniových tranzistorů se pohybuje od desítek do set mikroampérů. Při měření zesilovacího činitele vykompenzujeme po změření  $I_{C0}$  zbytkový proud potenciometrem  $P_2$  tím, že k měřidlu přivedeme napětí opačné polarity. Stisknutím tlačítka BETA přivedeme na bázi takové napětí, aby jí protékal proud 20 nebo 50  $\mu A$ , což odpovídá rozsahu měření  $\beta = 250$  nebo  $\beta = 100$ . Zesilovací činitel čteme přímo na stupnicích měřicího přístroje, a to na první zhora ( $\beta = 100$ ), nebo první zdola ( $\beta = 250$ ). Po stisknutí tlačítka BETA se vlivem odporu  $R_{37}$  zvětší rozsah měřidla na 5 mA. Kontakty tohoto tlačítka je třeba seřadit tak, aby se nejdříve připojil bočník  $R_{37}$  a pak teprve obvod báze.

Bočníky  $R_{36}$  a  $R_{37}$  k měřidlu, které upravují rozsahy měřidla 200  $\mu A$  na  $I_1 = 1$  mA a při měření zesílení na  $I_5 = 5$  mA, vypočteme takto (údaje použitého měřidla jsou:  $U_0 = 0,194$  V,  $I_0 = 0,0002$  A):

Bočník  $R_{36}$  bude

$$R_{36} = \frac{U_0}{I_1 - I_0} = \frac{0,194}{0,001 - 0,0002} = 242,5 \Omega.$$



Volíme drátový potenciometr 330  $\Omega$  a vypočtený odpor nastavíme s maximální přesností.

Při měření zesilovacího činitele musíme upravit rozsah měřidla na 5 mA. Odpor bočníku bude:

$$R_p = \frac{U_0}{I_5 - I_0} = \frac{0,194}{0,005 - 0,0002} = 40,4 \Omega.$$

Tento odpor však zahrnuje již odpor bočníku  $R_{36}$ , takže vypočítáme paralelní odpor k bočníku  $R_{36}$ , aby výsledná velikost se rovnala vypočtenému  $R_p$ :

$$\frac{1}{R_{37}} = \frac{1}{R_p} - \frac{1}{R_{36}} = \frac{1}{40,4} - \frac{1}{242,5} = 0,02062 \text{ S.}$$

$$R_{37} = \frac{1}{0,02062} = 48,5 \Omega.$$

Použijeme drátový potenciometr 68  $\Omega$ . Odpor  $R_{38}$  a  $R_{39}$  pro předpětí báze se vypočítají podle vzorce:

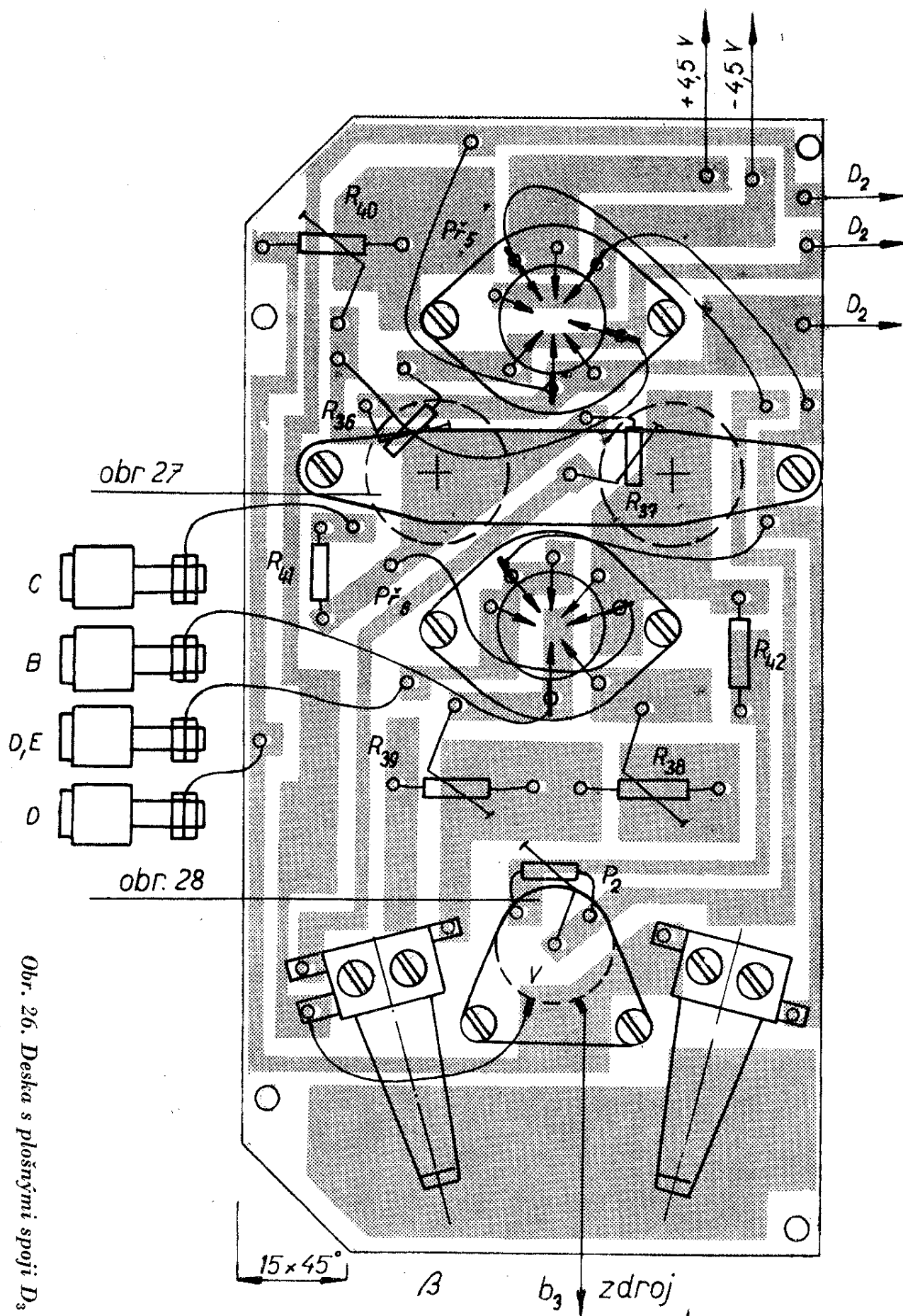
$$R_b = \frac{U_b}{I_b} = \frac{U}{I_{C \max}} \beta_{\max}.$$

Pro zvolené rozsahy  $\beta_{\max} = 100$  ( $R_{38}$ ) vychází odpor 90 k $\Omega$  a pro rozsah  $\beta_{\max} = 250$  ( $R_{39}$ ) odpor 225 k $\Omega$ . V obou případech použijeme odporové trimry a to  $R_{38} = 0,1$  M $\Omega$  a  $R_{39} = 250$  k $\Omega$ .

Zkoušeč se napájí ze dvou zdrojů o napětí 4,5 V. Jeden zdroj slouží k vlastnímu napájení a druhý ke kompenzaci zbytkového proudu při měření zesilovacího činitele. Přepínač  $Př_5$  slouží k přepólování zdrojů a měřidla, aby bylo možno měřit tranzistory obou vodivostí, tj. p-n-p i n-p-n. Přepínač  $Př_6$  přepíná přístroj pro měření  $I_{C0}$ ,  $\beta$  do 250 a  $\beta$  do 100. K ochraně měřidla při zkratu mezi elektrodami slouží odpor  $R_{41}$ . Chyba, která vzniká vlivem tohoto odporu při měření zesílení je zanedbatelná.

Zkoušené diody připojujeme na svorku pro připojení emitoru a obvod pro kontrolu zdroje. Přepínačem  $Př_5$  se mění polarita zdroje a tím se u diody měří proud v propustném i závěrném směru.

Zdroje kontrolujeme stisknutím tlačítka ZDROJ. Při čerstvých bateriích musí mít měřidlo maximální výchylku, tu nastavíme odporovým trimrem  $R_{40}$ .



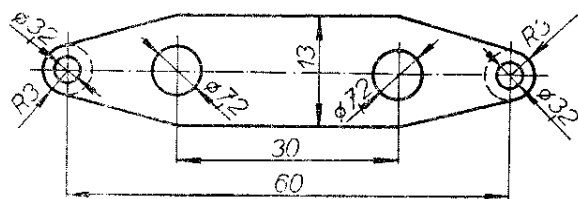
Obr. 26. Deska s plošnými spoji  $D_3$

## Mechanické díly

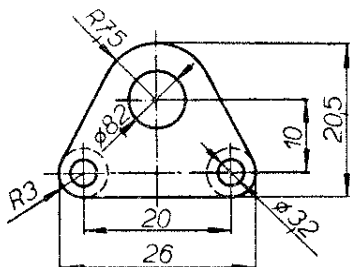
Zkoušeč tranzistorů je postaven na destičce s plošnými spoji  $D_3$  (obr. 26). Tato deska je propojena ve třech místech s deskou  $D_2$ . Přepínače  $Př_5$  a  $Př_6$  jsou stejného typu jako v předchozím popisu, tj.  $4 \times 2$  polohy a  $3 \times 3$  polohy.

Pružiny tlačítka s kontakty jsou z výprodejního relé, můžeme je však zhotovit z libovolných kontaktů; pro jejich připevnění vyvrtáme do destičky potřebné otvory.

Bočníky  $R_{36}$  a  $R_{37}$  měřidla jsou upevněny v držáku (obr. 27). K destičce je tento držák připevněn sloupky podle obr. 21. Potenciometr  $P_2$  je k destičce připevněn opět sloupky (obr. 21) v držáku podle obr. 28.

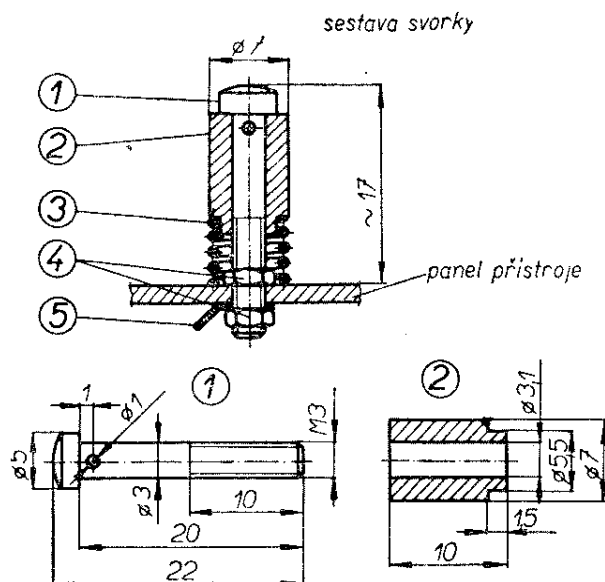


Obr. 27. Držák odporových trimrů  $R_{36}$  a  $R_{37}$



Obr. 28. Držák potenciometru P,

Svorky C, B, E–D a D jsou připevněny na čelním panelu a s destičkou  $D_3$  jsou propojeny ohebnými kablíky. Řez svorkou pro připojení tranzistorů a diod je na obr. 29. Na svorníku z mosazi (poz. 1), je nasunuto pouzdro z izolační hmoty (poz. 2), jež se přitlačuje k hlavě svorníku pružinkou (poz. 3). Svorka se připevňuje k panelu dvěma maticemi M3 (poz. 4). Pod maticí, jež je uvnitř přístroje, přichytíme pájecí očko, na něž se připájí přívod. Druhý konec přívodu do patice je připájen k destičce  $D_3$ .



**Obr. 29. Sestava svorek k měření tranzistorů  
a diod**

Chceme-li do svorky zasunout vývod tranzistoru nebo diody, stlačíme pouzdro (poz. 2) směrem k panelu přístroje a do otvoru o  $\varnothing$  1 mm ve svorníku (poz. 1) zasuneme vývod. Pak přerušíme tlak na pouzdro a pružina přidrží vývod tranzistoru a elektricky jej spojí s přístrojem. Předpětí pružiny a tím i přítlačnou sílu pouzdra můžeme v určitých mezích regulovat maticemi (poz. 4). Čím blíže budou matice u hlavy svorníku, tím větší přítlačnou sílu má pružina. Ke stavbě zkoušeče potřebujeme čtyři svorky. Pouzdra (poz. 2) můžeme vysoustružit z různobarevných plastických hmot, abychom zlepšili (urychlili) orientaci při připojování tranzistorů; postačí však barevně odlišit svorku kolektoru.

Při vrtání otvoru o  $\varnothing$  1 mm do svorníku musíme postupovat velmi opatrně. Vrtáme nejlépe na stojanové vrtačce se svorníkem upnutým ve svěráku, abychom otvor vyvrtali přesně kolmo k ose svorníku.

## Cejchování přístroje

Při uvádění do provozu se pouze nastaví přesný odpor bočníků  $R_{36}$  a  $R_{37}$  a trimrů  $R_{38}$  a  $R_{39}$  na vypočtenou velikost.

20 •  $\frac{2}{69}$  R<sub>K</sub>

## Postup při měření

### Zkoušení tranzistorů

a) Přepínač  $Př_1$  přepneme do polohy ZKOUŠEČ TRANZISTORŮ.

b) Přepínač  $Př_5$  zasuneme do polohy p-n-p nebo n-p-n podle druhu zkoušeného tranzistoru. Bude-li přepínač v nesprávné poloze, tranzistor se sice nezničí, ale výsledky měření budou nesprávné.

c) Tlačítkem ZDROJ zkontrolujeme stav baterií. Měření bude přesné, nebude-li napětí menší o více než 5 % proti jmenovitému napětí.

d) Přepínač  $Př_6$  přepneme do polohy  $I_{C0}$  a na nejvyšší stupnici měřidla přečteme velikost zbytkového proudu. Plná výchylka ručky měřidla je při proudu 1 mA. U běžných germaniových tranzistorů bývá zbytkový proud až asi 150  $\mu A$ , tj. 0,15 mA. Bude-li výchylka ručky větší než je rozsah měřidla, zkratujeme svorky B a E. Zmenší-li se po tomto zásahu proud  $I_{C0}$  na malou velikost, můžeme tranzistor použít jen v obvodech s velmi dobrou stabilizací pracovního bodu. Bude-li i nadále proud  $I_{C0}$  velký, je tranzistor vadný.

e) Přepínač  $Př_6$  přepneme do polohy  $\beta$  250 a potenciometrem  $P_2$  nastavíme nulu měřidla. Tím se vykompenzuje zbytkový proud tranzistoru. Pak stiskneme tlačítko BETA a na spodní stupnici měřidla čteme velikost zesilovacího činitele. Bude-li výchylka menší než 100, přepneme přepínač  $Př_6$  do polohy  $\beta$  100 a velikost zesilovacího činitele přečteme přesněji na nejvyšší stupnici měřidla.

Zkoušet a měřit můžeme všechny tranzistory až do kolektorové ztráty asi 250 mW.

### Zkoušení diod

Přepínač  $Př_6$  přepneme do polohy  $I_{C0}$ . Vývody diody zasuneme do svorek označených E-D a D. Na horní stupnici měřidla čteme údaje při obou polohách přepínače  $Př_5$ , tj. změříme proud diody v propustném i závěrném směru. Rozdíl výchylek určuje zhruba jakost diody, neodpovídá však poměru odporů v propustném a závěrném směru. Chceme-li znát tyto údaje, postupujeme takto: změříme

proud v závěrném směru  $I_1$ , proud v propustném směru  $I_2$  a při stisknutí tlačítka ZDROJ proud v propustném směru  $I_3$ . Rozsah měřidla je u všech měření 1 mA.

Pro odpor v propustném směru platí vztah

$$R_p = \frac{I_3 - I_2}{I_2} R,$$

kde  $R$  je  $R_{40} = 4,5 \text{ k}\Omega$ .

Pro odpor v závěrném směru platí vztah

$$R_z = \frac{I_3 - I_1}{I_1} R,$$

kde  $R$  je  $R_{40} = 4,5 \text{ k}\Omega$ .

*Příklad.* Při měření diody 4NN41 se zjistilo, že  $I_1 = 0,03 \text{ mA}$ ,  $I_2 = 0,9 \text{ mA}$ ,  $I_3 = 0,96 \text{ mA}$ ,  $R = 4\,500 \Omega$ .

Po dosazení do předchozích vztahů je

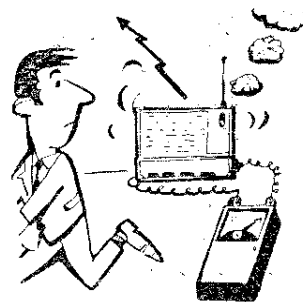
$$R_p = \frac{0,96 - 0,9}{0,9} \cdot 4\,500 = 299,7 \Omega,$$

$$R_z = \frac{0,96 - 0,03}{0,03} \cdot 4\,500 = 149\,500 \Omega = 149,5 \text{ k}\Omega.$$

### Zkoušení výkonových tranzistorů

Přístroj je určen k měření tranzistorů s kolektorovou ztrátou do 250 mW. U výkonových tranzistorů můžeme přesto měřit alespoň zbytkový proud  $I_{C0}$  a to stejně jako u nevýkonových. Nemůžeme měřit  $\beta$ , můžeme však snadno zjistit, je-li tranzistor dobrý nebo vadný. Změříme „diody“ báze-emitor a báze-kolektor. Využijeme toho, že báze tranzistoru se jeví jako katoda diody při druhu p-n-p (měříme-li proti emitoru nebo kolektoru). Podobně u tranzistorů druhu n-p-n se báze jeví jako anoda.

Při zkoušení postupujeme takto: bázi výkonového tranzistoru připojíme na svorku označenou D (první zdola). Nejprve změříme „diody“ báze-kolektor a



pak báze-emitor, tj. proud v propustném i závěrném směru. Tímto způsobem můžeme také zjistit, jakého druhu je měřený tranzistor. Svorka D je totiž určena pro katodu diody a souhlasí-li údaj měřidla (výchylka ručky) s polohou přepínače  $Př_5$  (v poloze p-n-p velká výchylka, v poloze n-p-n malá výchylka) je zkoušený tranzistor druhu p-n-p. V opačném případě jde o tranzistor n-p-n.

### Seznam součástí

**Odpory:**  $R_{36}$  – 330  $\Omega$ , drátový miniaturní potenciometr,  
 $R_{37}$  – 68  $\Omega$ , drátový miniaturní potenciometr,  
 $R_{38}$  – trimr 0,1 M $\Omega$ ,  
 $R_{39}$  – trimr 0,33 M $\Omega$ ,  
 $R_{40}$  – trimr 5,6 k $\Omega$ ,  
 $R_{41}$  – 500  $\Omega$ /0,25 W,  
 $R_{42}$  – 5,6 k $\Omega$ /0,25 W.  
**Přepínače:**  $Př_5$  – 4  $\times$  2 polohy,  
 $Př_6$  – 3  $\times$  3 polohy.  
**Potenciometry:**  $P_2$  – 500 k $\Omega$ , logaritmický, miniaturní.  
**Ostatní materiál:** 2 přepínací kontakty z relé,  
3 knoflíky malého průměru,  
4 svorky pro připojování tranzistorů,  
2 tlačítka podle použitých přepínacích kontaktů.

### Literatura

- [1] Malínek, M.; Prostý zkoušeč tranzistorů a diod. AR 4/60.
- [2] Vachek, V.; Svorka pro zkoušečku tranzistorů. AR 8/67.

## Nízkofrekvenční generátor RC

### Technické vlastnosti

**Kmitočtové rozsahy:**

A — 35 Hz až 380 Hz,

B — 300 Hz až 3 kHz,

C — 2,7 kHz až 21 kHz.

**Maximální amplituda nf signálu:** 1,5 V.

**Výstupní impedance:** 360  $\Omega$ .

**Průběh výstupního napětí:** obdélníkový.

**Maximální výstupní výkon:** 60 mW.

**Regulace výstupního napětí:** plynulá.

**Stálost amplitudy:**  $\pm 2$  dB bez termistoru.

**Osazení:** tranzistory – 104NU70, 103NU70 (2 kusy), 106NU70,

### Volba zapojení

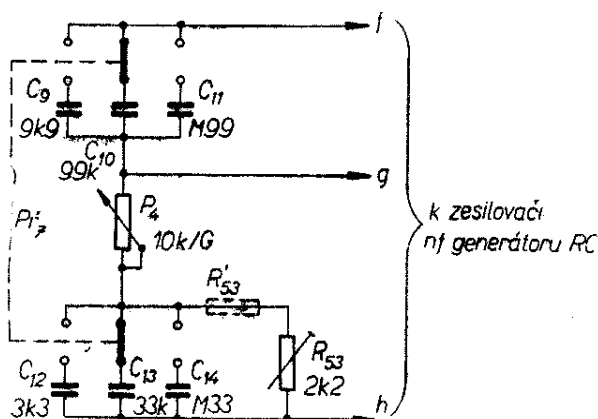
Nízkofrekvenční (tónové generátory) jsou zdrojem signálů slyšitelných kmitočtů a patří společně s nf milivoltmetry a osciloskopy k nejdůležitějším přístrojům pro stavbu, kontrolu a měření na nf zařízeních. Podle zapojení rozeznáváme generátory s obvody LC, u nichž je oscilátor sestaven z cívky a kondenzátoru, nebo s obvody RC, kde cívku nahrazuje odpor. Některé přístroje mají i tzv. jednoduché nebo dvojité články T. Pro generátory nízkých kmitočtů se lépe hodí obvody RC, které jsou rozměrově menší než obvody LC. Nejpoužívanější jsou obvody RC s Wienovým můstkem. Je to čtyřpól, který propouští jen jeden kmitočet s nepatrným útlumem; všechny ostatní kmitočty jsou v můstku potlačeny (teoreticky s nekonečným útlumem). Aby však generátor správně pracoval, musí být vnitřní odpor zdroje co nejmenší a zatěžovací odpor co největší. Znamená to, že vstupní odpor vlastního generátoru nf kmitočtů má být co největší a výstupní odpor (na vývodech pro napájení můstku) co nejmenší. V praxi se však těžko dodržují obě podmínky současně; obvykle se snažíme řešit obvod tak, aby vstupní odpor byl několikrát větší, než je výstupní odpor.

Další podmínkou správné činnosti je dodržení stejné fáze signálu při průchodu Wienovým můstkem. V opačném případě by došlo ke zkreslení signálu, popř. i k vysazení oscilací. Tuto poslední podmínku splníme, když odpory a kondenzátory v můstku budou shodné (maximální povolená tolerance je 2 %).

Aby docházelo k oscilacím, musí být zesílení zesilovače minimálně tři. Jednostupňový zesilovač má sice takové zesílení, avšak nesplňuje podmínku stejné fáze signálu na obou stranách můstku. Musí se proto použít zesilovač dvoustupňový, který dvakrát obrátí fázi o 180°. K omezení zkreslení je nutné zavést v zesilovači zápornou zpětnou vazbu, jež zároveň omezí nadměrné zesílení. K udržení stále amplitudy signálu můžeme do smyčky zpětné vazby zapojit nelineární odpor (termistor nebo žárovku), jehož odpor se zmenšuje se zvětšující se amplitudou

kmitů oscilátoru, čímž se zvětšuje zpětná vazba a zmenšuje zesílení.

Změnu kmitočtu dosáhneme změnou kapacity kondenzátorů nebo změnou odporů v můstku; rozdíly v nastavení kapacity nebo odporů ve větvích můstku musí být však maximálně 2 %. Obvykle používaný Wienův můstek má měnitelné odpory, a to ve dvou větvích. Používají se měnitelné odpory drátové, lineární (potenciometry). Při tomto řešení však vyjde zařízení vždy objemné. Nahradí-li se velké drátové potenciometry menšími hmotovými, bývá výsledek i při velmi pečlivém výběru potenciometrů neuspokojivý, protože průběh odporu není ani u vybraných kusů shodný a může se stát, že nejen kolísá amplituda signálu, ale vysadí i oscilace. Jediným způsobem, jak tento nedostatek odstranit, je použít takové zapojení, v němž se kmitočet mění jen jedním členem můstku. V zahraniční literatuře najdeme mnoho úvah o tomto způsobu změny kmitočtu Wienova můstku. V naší literatuře se tímto problémem podrobně zabýval časopis Sdělovací technika č. 2/1966 na straně 67. Toto uspořádání přináší nejen úsporu místa, avšak především (při chronickém nedostatku tandemových potenciometrů) odpadnou starosti s mechanickým spojováním dvou potenciometrů, jež má vždy své problémy, hlavně pokud se týká souběhu. Další výhodu získáme, použijeme-li hmotový potenciometr s logaritmickým průběhem. Stupnice má výhodnější a přehlednější průběh.



Obr. 30. Wienův můstek ke generátoru RC

## Popis zapojení

Ladicí můstek byl odvozen z Wienova můstku. Schéma je na obr. 30. Průběh ladění je dán vztahem

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \frac{\sqrt{1-a}}{a}$$

a kapacity kondenzátorů  $C_{12}$  až  $C_{14}$  výrazem

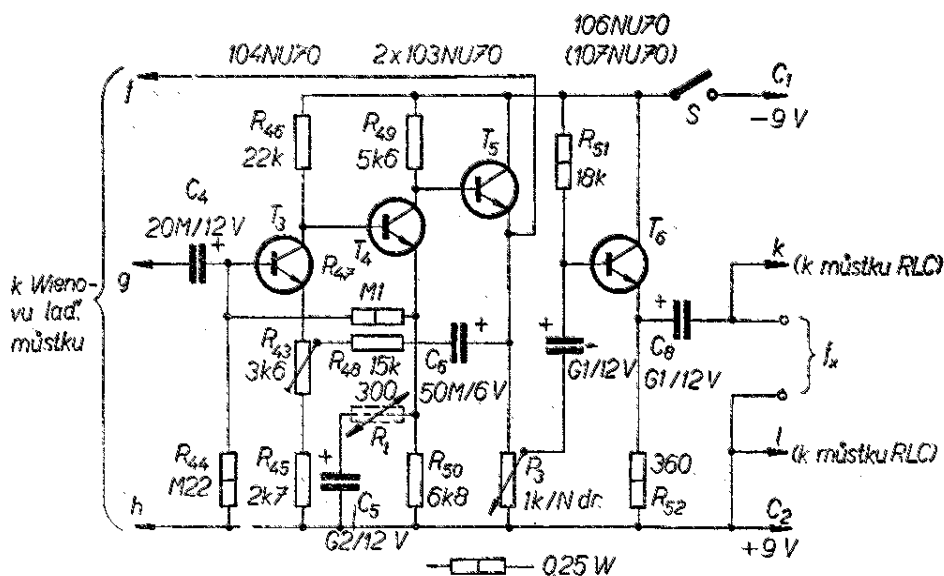
$$C_{12} \text{ až } 14 = \frac{C_9 \text{ až } 11}{1+K}$$

Součinitel  $a$  je možno (podle požadavků na generátor) měnit v rozsahu od 0 do 1 a součinitel  $K$  od nuly do nekonečna. Zvolíme-li  $K = 2$ , budou mít kondenzátory  $C_{12}$  až  $C_{14}$  o dvě třetiny menší kapacitu než kondenzátory  $C_9$  až  $C_{11}$ . Zvolíme-li součinitel  $a = 0,5$  a odpor regulačního potenciometru 10 kΩ, bude kapacita kondenzátorů (po dosazení do výše uvedeného vztahu)  $C_{12} = 3,3$  nF a  $C_9 = 3C_{12} = 9,9$  nF. Dále bude  $C_{13} = 33$  nF a  $C_{10} = 3C_{13} = 99$  nF. Konečně  $C_{14} = 0,33$  μF a  $C_{11} = 3C_{14} = 0,99$  μF. Kondenzátory  $C_9$ ,  $C_{10}$  a  $C_{11}$  s výhodou složíme ze tří kondenzátorů stejné kapacity, jakou mají kondenzátory  $C_{12}$ ,  $C_{13}$  a  $C_{14}$ , což nám ulehčí výběr. Při nákupu pak stačí vybrat vždy čtyři stejné kondenzátory 3,3 nF, 33 nF nebo 0,33 μF. Výběru věnujeme péči, abychom se vyvarovali zklamání při uvádění generátoru RC do chodu.

Odporový trimr  $R_{53}$  (2,2 kΩ) slouží k nastavení kmitočtu jednotlivých rozsahů a tím i k nastavení jejich přesahu.

K tomuto maximálně zjednodušenému můstku je ve třech bodech připojen třístupňový zesilovač s tranzistory  $T_3$  až  $T_5$ . Schéma zapojení zesilovače je na obr. 31. Tranzistor  $T_5$  pracuje jako emitorový sledovač. Z jeho emitoru odeberáme část signálu pro zpětnou vazbu ( $R_{48}$ ,  $R_{49}$ ,  $R_{45}$ ); větev zpětné vazby tvoří pravou část větve Wienova můstku. Napájení můstku z emitoru tranzistoru  $T_5$  má tu výhodu, že výstupní obvod je minimálně zatěžován a navíc se splní podmínka minimálního odporu zdroje. Ke stabilizaci pracovních bodů tranzistorů  $T_3$  a  $T_4$  dochází jejich vzájemným galvanickým spojením.

Obr. 31. Zesilovač generátoru RC



Pracovní bod se nastavuje změnou odporu  $R_{44}$ . Místo pevného odporu můžeme použít trimr s odporem  $0,33 \text{ M}\Omega$  nebo raději pevný odpor  $0,18 \text{ M}\Omega$  v sérii s trimrem  $0,15 \text{ M}\Omega$ .

Pro dobrou stabilizaci amplitudy signálu se doporučuje použít v sérii s kondenzátorem  $C_5$  termistor s odporem asi  $300 \Omega$ ; pak je kolísání amplitudy menší než asi  $\pm 0,2 \text{ dB}$ . Tento termistor se však těžko sežene; při přeladování se tedy musíme spokojit s tím, že bude chvíli trvat, než se amplituda opět ustálí na nastavenou velikost.

V emitoru tranzistoru  $T_6$ , jenž pracuje jako oddělovací stupeň a impedanční transformátor, je odpor  $R_{52}$ , z něhož přes kondenzátor  $C_8$  odebíráme nf signál. Tento odpor můžeme také nahradit čtyřmi odpory, a to  $330 \Omega$ ,  $33 \Omega$ ,  $3,3 \Omega$  a  $0,36 \Omega$ , což umožní odběr signálu ve čtyřech stupních po  $20 \text{ dB}$ . Toto řešení je však nevýhodné, neboť každý stupeň má pak jinou výstupní impedanci. Je proto lepší použít útlumový článek, jenž zachovává jednotnou výstupní impedanci (bude popsán jako doplněk k tomuto přístroji později).

#### Použité součástky a stavba

Pečlivý výběr vyžadují, jak již bylo řečeno, pouze kondenzátory  $C_9$  až  $C_{14}$ . Potenciometr vybereme střední velikosti a takový, jenž při protáčení nedrhne. Má-

me-li možnost, proměříme průběh odporu – změna má být co nejplynulejší.

Všechny součásti jsou umístěny na dvou deskách s plošnými spoji. Na desce  $D_4$  (obr. 32) je umístěn celý zesilovač a z Wienova můstku potenciometr  $P_4$ . Ostatní součásti jsou na desce  $D_5$  (obr. 33). Jsou to všechny kondenzátory, přepínač rozsahů  $P_7$ , jenž má  $2 \times 3$  polohy a konečně odporový trimr  $R_{53}$ . Ostatní součástky, umístěné na této desce, patří k můstku RLC.

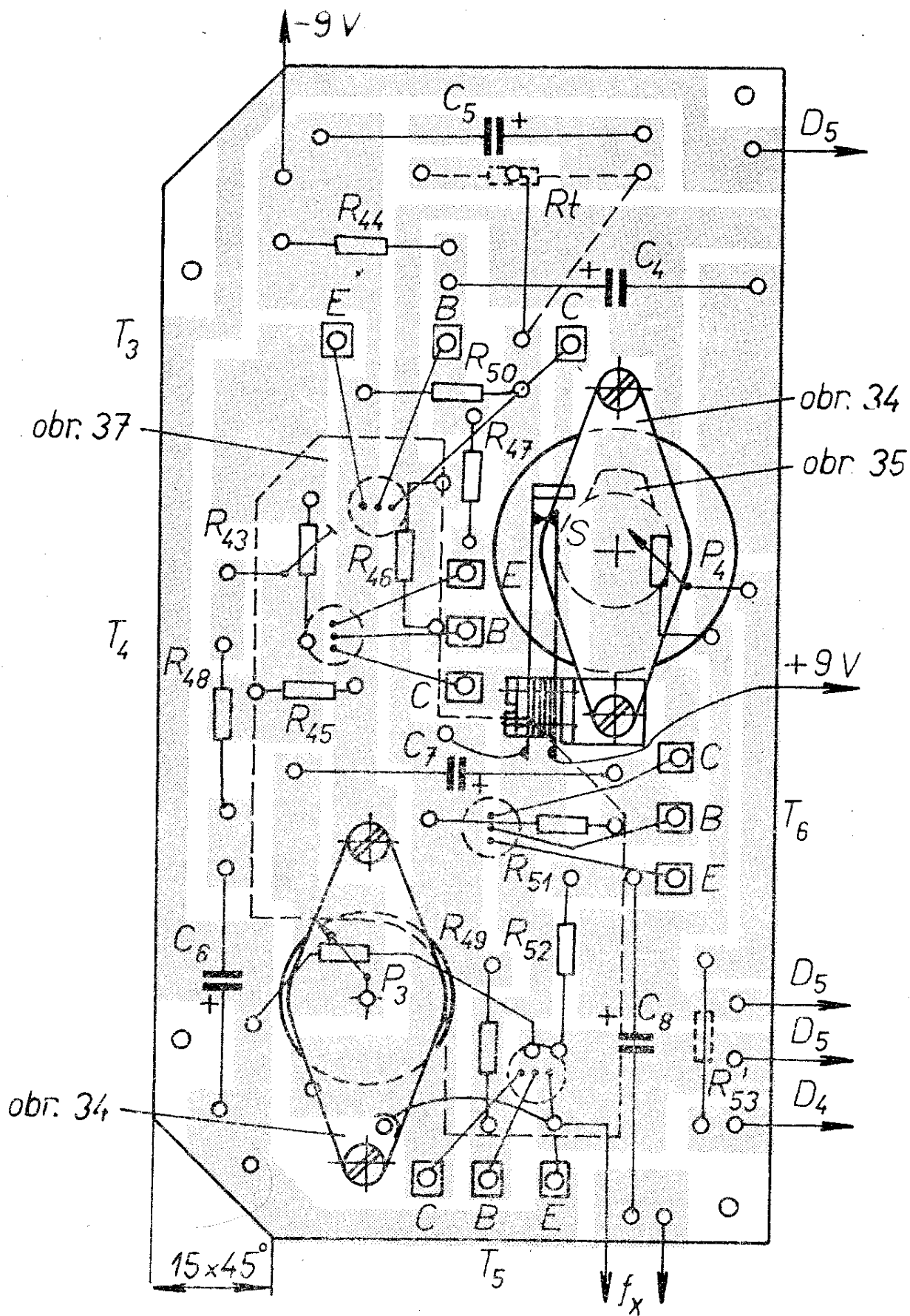
#### Mechanické díly

Potenciometry  $P_3$  i  $P_4$  jsou připevněny do držáku podle obr. 34. Sloupky jsou zhotoveny podle obr. 21. Délky sloupků volíme podle použitých potenciometrů. Generátor RC se vypíná kontaktem  $S$ , jenž je připevněn úhelníčkem k dolnímu sloupku potenciometru  $P_4$ . Na hřídeli tohoto potenciometru je červíkem  $M3$  připevněna vačka, zhotovená podle obr. 35. Vytočíme-li potenciometr  $P_4$  do levé krajní polohy, vačka rozpojí kontakt  $S$  a tím se přeruší přívod proudu do zesilovače.

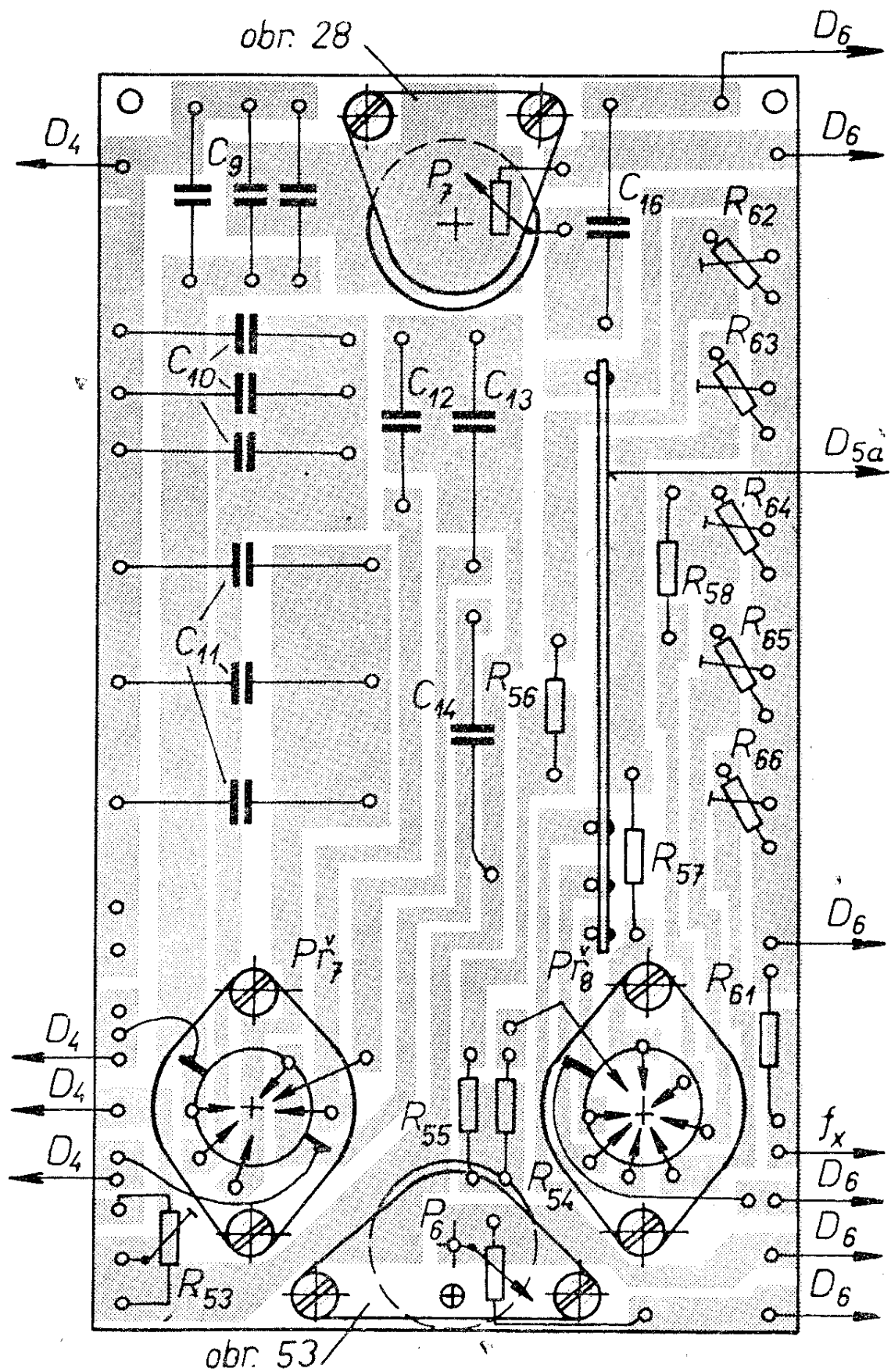
Vývody všech tranzistorů jsou zasunuty do objímek, které získáme z novalové pertinaxové objímky typu 3PK 497 09. Je to kulatá objímka bez příruby o  $\varnothing 25 \text{ mm}$ . Objímku rozebereme, vyjmeme kontakty a upravíme je takto:

1. Dolní oválný otvor opatrně zvětšíme na  $\varnothing 2 \text{ mm}$  kulatým pilníkem.

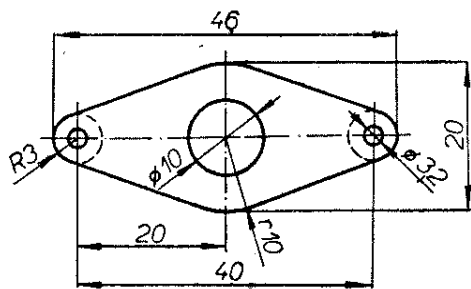




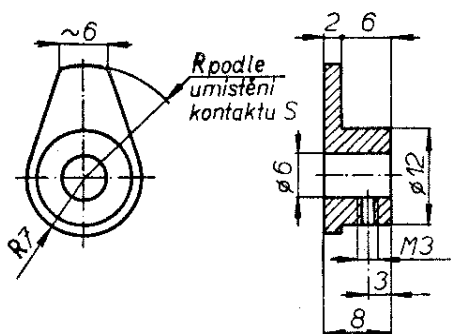
Obr. 32. Deska s plošnými spoji  $D_4$   
(vývody emitoru  $T_5$  a kolektoru  $T_3$  mají vést mimo připojné body pro  $f_x$  a odpor  $R_{50}$ )



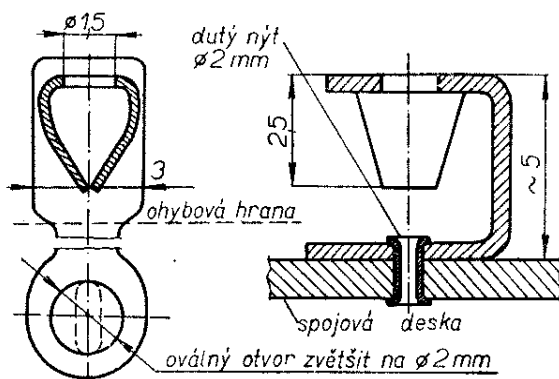
Obr. 33. Deska s plošnými spoji  $D_5$



Obr. 34. Držák potenciometrů  $P_3$ ,  $P_4$  a  $P_5$



Obr. 35. Vypínací vačka



Obr. 36. Objímka pro tranzistory

2. Kontaktní plíšky opatrně přihneme, abychom získali dokonalý a stálý dotyk.

3. Kontakt přinýtujeme k destičce  $D_4$  dutým nýtlem o  $\varnothing 2$  mm, délky 2,5 až 3 mm (podle tloušťky desky). Dutý nýt připájíme jak k desce, tak ke kontaktu.

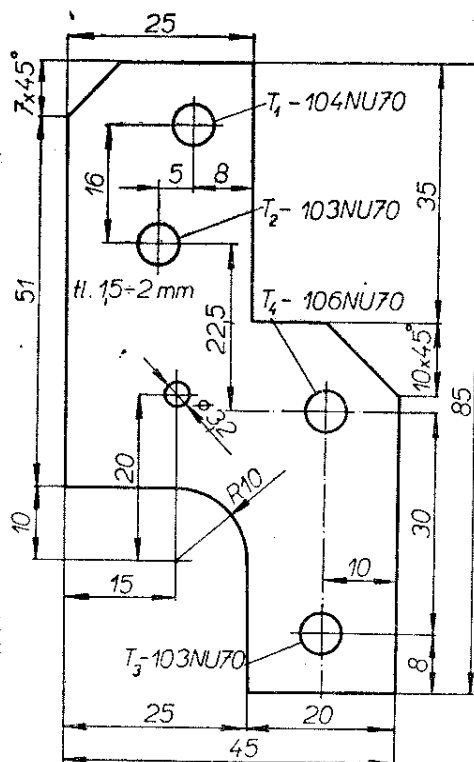
4. Podle ohybové hrany (obr. 36) ohneme kontaktní část kolmo k desce.

Vývody tranzistorů zasunujeme do horního otvoru, stejně jako vývody elektronek. Je výhodné označit si (před přinýtováním) jednotlivé kontakty barevnou bužírkou, např. kontakt pro bázi zeleně, pro kolektor červeně ap. Takto uspořádaná objímka umožňuje umístit jednot-

livé kontakty (vývody tranzistorů) nezávisle na sobě (podle situace ve vedení spojů na desce), aniž jsme vázáni určitými roztečemi a umístěním vývodů (jako v případě použití běžné objímky pro tranzistory). Navíc můžeme pohodlně měřit napětí i proudy a tak lehce kontrolovat i nastavovat pracovní bod tranzistorů.

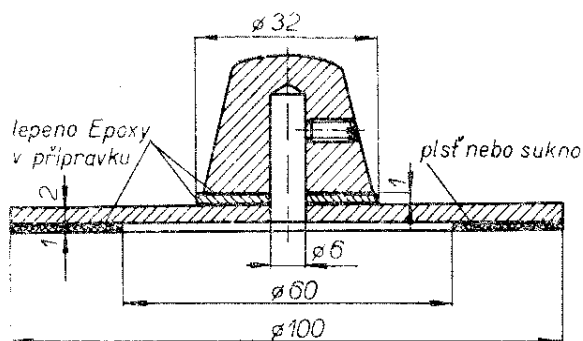
Na horním sloupku držáku potenciometru  $P_3$  je šroubkem M3 připevněna laminátová nebo texgumoidová destička (možno použít s výhodou i organické sklo) tloušťky asi 1,5 až 2 mm, do níž po ukončení montáže a nastavení celého zesilovače zasuneme pouzdra tranzistorů. Tím zamezíme mechanickému namáhání jejich vývodů. Tvar destičky a její rozměry jsou na obr. 37.

Na hřídeli potenciometru  $P_4$  je nasazen kotouč o  $\varnothing 100$  mm, na nějž v konečné fázi nalepíme stupnici se všemi rozsahy generátoru. Stejný kotouč bude i na potenciometru  $P_5$  – ladicím prvku můstku RLC. K těmto kotoučům jsou přilepeny ještě středící kotoučky o  $\varnothing 32$  mm z téhož materiálu (laminát) a na tyto kotoučky je přilepen ovládací knoflík. Se-

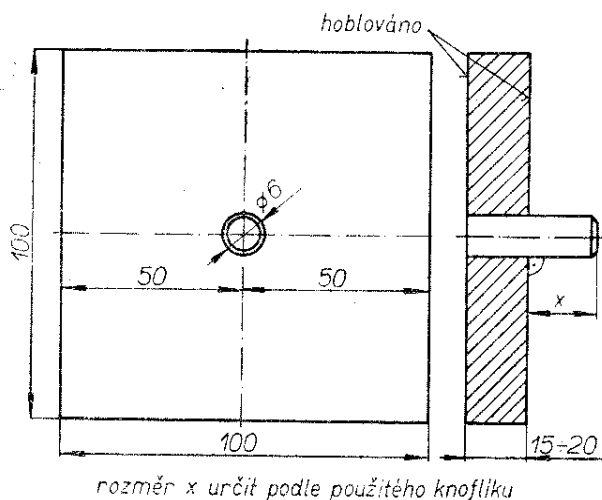


otvory pro tranzistory vrtat těsně podle pouzdra

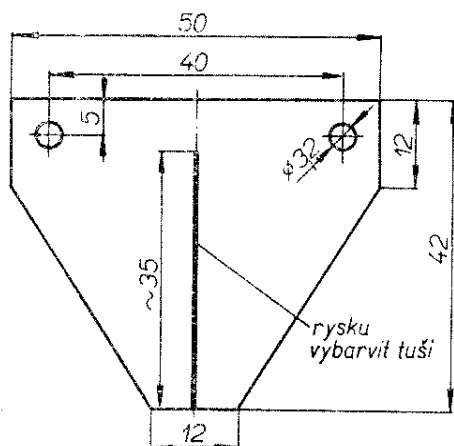
Obr. 37. Držák tranzistorů



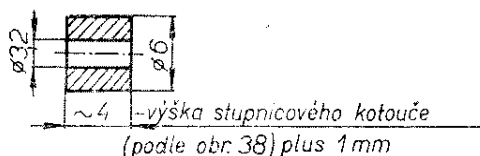
Obr. 38. Sestava stupnicového kotouče



Obr. 39. Lepicí přípravek. Délka  $\times$  podle použitého knoflíku



Obr. 40. Ukazatel stupnice



Obr. 41. Distanční trubička

stava je na obr. 38. Při lepení knoflíku ke stupnicovému kotouči musíme bezpodmínečně dodržet kolmost osy knoflíku k dosedací ploše kotouče. Dosáhneme toho použitím lepicího přípravku podle obr. 39. Do rovného prkénka z tvrdého dřeva vyvrtáme na stojanové vrtačce (aby byla zaručena kolmost) otvor o  $\varnothing$  5,9 mm, do kterého zarazíme uříznutý hřídel potenciometru nebo kulatinu o  $\varnothing$  6 mm potřebné délky (podle použitého knoflíku). Při lepení napřed nasuneme na hřídel stupnicový kotouč, pak natřeme epoxidovým tmelem a z jedné strany středící kotouček a nasuneme na hřídel. Nakonec natřeme tmelem zdrsňenou dosedací plochu knoflíku, nasuneme na hřídel, přitlačíme a přitáhneme červík v knoflíku. Před lepením doporučuji hřídel a otvor v knoflíku lehce potřít olejem. Tím vyloučíme možnost, že by se celá soustava přilepila k přípravku.

Slepený celek necháme alespoň 24 hodin zaschnout a pak ho můžeme opatrně sejmut z přípravku. Dalších 24 hodin necháme ještě tmel vytvrdit. Budeme-li pečlivě postupovat podle návodu, je zaručena kolmost hřídele a kotouče, kotouč nebude „házet“ a bude celou svou plochou dosedat na kryt přístroje. Provedení ukazatelů pro oba kotouče generátoru RC i můstku RLC je na obr. 40.

Trojúhelníkovitý ukazatel z organického skla je připevněn k panelu šroubky M3. Aby ukazatel nedřel o stupnici, je podložen distančními kroužky podle obr. 41. Na ukazateli je na spodní straně vyryta ryska, vyplněná tuší.

Pro jemný posuv obou kotoučů se stupnicemi je na panelu z vnitřní strany připevněna páka se zalepeným ložiskem (obr. 42). Do ložiska je zevnitř nasunut čep, na nějž je zvenku připevněn knoflík s pryžovým obložením, zhotoveným z vodovodního těsnění. Přitiskneme-li toto obložení k jednomu z kotoučů a otočíme jím, dostaneme jemný posuv s převodem asi 1 : 15.

### Uvedení do provozu a cejchování

Nejprve zasuneme do objímek tranzistorů  $T_3$ ,  $T_4$ , a  $T_5$ . Položíme destičky  $D_4$  a  $D_5$  vedle sebe, propojíme v naznačených

cechovaného generátoru je tento: výstup cechovaného generátoru připojíme k osciloskopu (na vstup vertikálního zesilovače) a trimrem  $R_{43}$  nastavíme správný (obdélníkovitý) průběh kmitů. Přepínáním jednotlivých rozsahů zjistíme správnost průběhu (tvar) a velikost amplitudy signálu v různých polohách ladícího potenciometru. Dozná-li nastavený tvar kmitů při tomto protáčení nějakých změn, nejsou pravděpodobně kondenzátory  $C_9$  až

Zhotovíme si pomocnou stupnici, nejlépe v hustotě po jednom úhlovém stupni a v několika bodech ji přilepíme na kotouč pro stupnici. Poznameníme si obě koncové polohy ladicího potenciometru, podle nichž budeme stupnici cejchovat. Na kontrolním generátoru pak nastavíme celistvé kmitočty v dostatečné hustotě a poznamenáváme si, v jaké poloze potenciometru jsme nastavili na obrazovce osciloskopu čtverec nebo obdélník.

Tak např. pro rozsah  $A$  nastavujeme na továrním přístroji kmitočty 35, 40, 50, 60 a 70 Hz atd. a poznamenáváme si body na pomocné stupnici našeho přístroje, příslušné jednotlivým kmitočtům. V mém případě to bylo  $24^\circ$ ,  $38^\circ$ ,  $56^\circ$ ,  $66^\circ$  a  $73^\circ$  atd.

Tím získáme pro každý rozsah tabulku, jejíž údaje pak přeneseme na předlohu stupnice, popíšeme, ofotografujeme, zhotovíme zvětšeninu stupnice v požadované velikosti a definitivně nalepíme na kotouč pro stupnici. Hotovou stupnici nastříkáme zaponovým lakem.

Tím je cejchování ukončeno. Je to práce úmorná, zabere hodně času, ale vyplatí se dělat ji pečlivě, neboť potom víme, že všechny kmitočty nastavené podle stupnice souhlasí se skutečným kmitočtem signálu. Hotová stupnice přístroje je na obr. 43.

## Seznam součástí

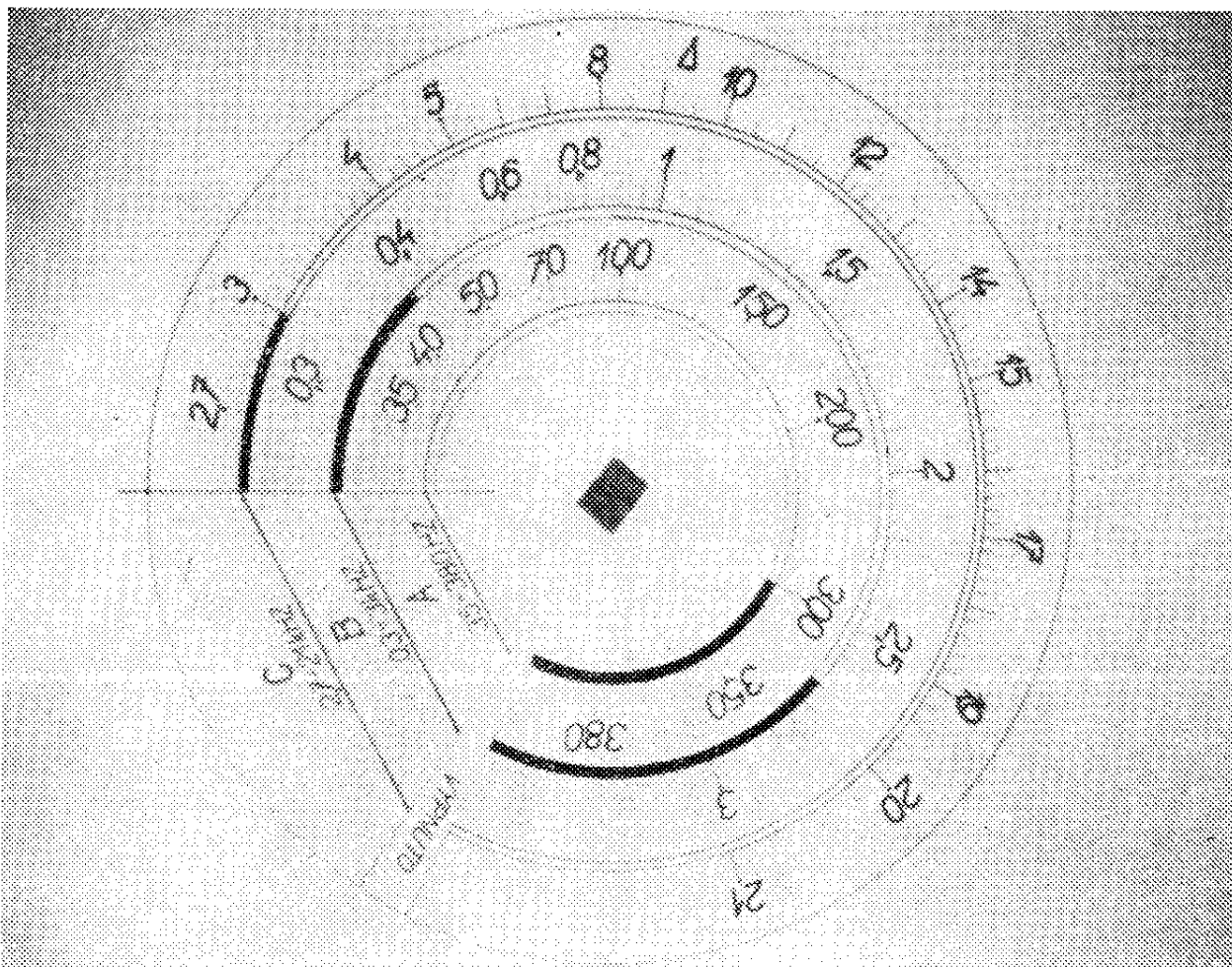
**Odpory:**  $R_{43} - 3,6 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{44} - 0,22 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{45} - 2,7 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{46} - 22 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{47} - 0,1 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{48} - 15 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{49} - 5,6 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{50} - 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{51} - 18 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{52} - 360 \Omega$ ,  
 $R_{53} - \text{trimr } 2,2 \text{ k}\Omega$ .

**Kondenzátory:**  $C_4 - 20 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_5 - 200 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_6 - 50 \mu\text{F}/6 \text{ V}$ ,  
 $C_7 \text{ a } C_8 - 100 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_9 - 9,9 \text{ nF}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ ,  
 $C_{10} - 99 \text{ nF}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ ,  
 $C_{11} - 0,99 \mu\text{F}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ ,  
 $C_{12} - 3,3 \text{ nF}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ ,  
 $C_{13} - 33 \text{ nF}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ ,  
 $C_{14} - 0,33 \mu\text{F}/160 \text{ V} - \text{výběr}$ .

**Přepínače:**  $P_7 - 2 \times 3 \text{ polohy}$ .

**Potenciometry:**  $P_8 - 1 \text{ k}\Omega$ , drátový, střední velikosti, lineární,

$P_4 - 10 \text{ k}\Omega$ , střední velikosti, logaritmický - výběr (viz text).



Obr. 43. Stupnice generátoru RC

$$30 \cdot \frac{2}{69} R_K$$

Tranzistory:  $T_8 - 104\text{NU}70$ ,  
 $T_4$  a  $T_5 - 103\text{NU}70$ ,  
 $T_6 - 106\text{NU}70$  (107NU70).  
 Ostatní materiál: 2 přístrojové svorky,  
 3 knoflíky malého průměru.

### Literatura

- [1] Hyan, J. T.: Tranzistorový generátor RC. AR 2/62.
- [2] Selektivní články RC, laděné jedním prvkem. ST 2/62.
- [3] Vachek, V.: Objímka pro tranzistory. AR 7/67.
- [4] Hyan, J. T.: Měření a sladování amatérských přijímačů. SNTL: Praha 1964.
- [5] Vackář, J.: Tranzistorový nf generátor. SNTL: Praha 1966.

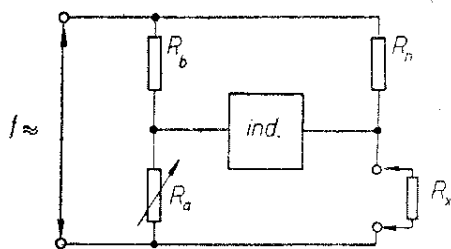
## Můstek RLC

### Technické vlastnosti

Rozsah měření odporů:  $0,1 \Omega$  až  $10 \text{ M}\Omega$ .  
 Rozsah měření indukčností:  $1 \mu\text{H}$  až  $100 \text{ H}$ .  
 Rozsah měření kapacit:  $1 \text{ pF}$  až  $100 \mu\text{F}$ .  
 Měření odporů, indukčností i kapacit v osmi dílích rozsazích.

### Volba zapojení

Stavíme-li jakýkoli přístroj, je dobré, když před jeho sestavením přeměříme všechny součástky, z nichž přístroj sestavujeme. Součástky nejen mění časem své hodnoty, avšak někdy se i může stát, že např. zakoupený odpor má mnohem větší hodnotu nebo toleranci, než očekáváme. Ušetříme tímto přeměřením mnoho času – dodatečné hledání závady, způsobené



Obr. 44. Zapojení můstku k měření odporů.

vadnou součástkou bývá často velmi obtížné a zdoluhavé. K proměrování běžných součástek má právě sloužit tento přístroj. Budeme-li navíc postupovat pečlivě při cejchování stupnic, můžeme s tímto přístrojem např. vybírat při nákupu přesné velikosti odporů i kondenzátorů.

Přístroj pracuje na principu Wheatstoneova můstku. Na obr. 44 je zapojení můstku pro měření odporů. Přivedeme-li na svorky označené  $f \approx$  signál z generátoru RC (nejlépe o kmitočtu asi  $1 \text{ kHz}$ ) a připevníme-li neznámý odpor na svorky  $R_x$ , nastavíme odporem  $R_a$  minimální výchylku na indikátoru. Tím se vyrovná rovnováha můstku, takže neznámý odpor  $R_x$

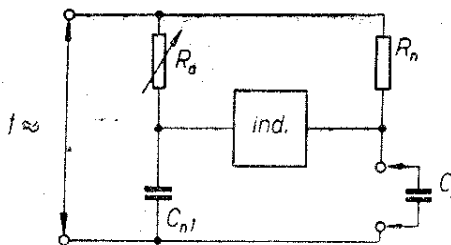
$$R_x = R_n \frac{R_a}{R_b}.$$

Jako indikátor mohou sloužit sluchátka nebo náš tranzistorový voltmetr, přepnutý na střídavý rozsah. Odpory  $R_n$  a  $R_b$  můžeme volit, takže ukazatel na hřídeli proměnného odporu  $R_a$  ukáže na příslušné stupnici přímo velikost měřeného odporu. Protože chceme měřit v co největším rozsahu odporů, budeme přepínačem měnit odpor odporového normálu  $R_n$ . Hodnoty normálových odporů budeme přepínačem měnit vždy za desetinásobek původní hodnoty, takže vystačíme s jednou stupnicí a údaj na ní pouze vynásobíme příslušným součinitelem.

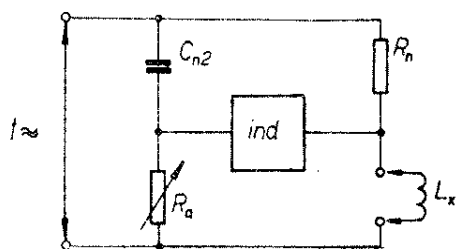
Na obr. 45 je zapojení můstku pro měření kapacit. Při vyváženém můstku bude platit

$$C_x = C_{n1} \frac{R_a}{R_n}.$$

Normálové odpory v můstku tedy mohou zůstat a jejich přepínáním budeme opět měnit rozsahy.



Obr. 45. Zapojení můstku k měření kondenzátorů



Obr. 46. Zapojení můstku k měření indukčnosti cívek

Konečně při měření indukčnosti je můstek upraven podle obr. 46 a pro jeho vyvážení bude platit

$$L_x = R_n R_a C_{n2}.$$

#### Potřebné výpočty

Odpory  $R_n$  volíme v rozsahu 1  $\Omega$  až 10 M $\Omega$ . Kapacitu kondenzátoru vypočteme podle vztahu

$$C_n = \frac{C_x R_n}{R_b}.$$

V tomto vztahu určuje  $C_x$  požadovaný rozsah měření kapacit při připojení určitého

tého odporu  $R_n$ . Tak např. při připojení odporu  $R_n = 10 \Omega$  a odporu  $R_b = 3 \text{ k}\Omega$  bude kapacita kondenzátoru  $C_{n1}$  (chceme-li získat měřicí rozsah 10  $\mu\text{F}$ ).

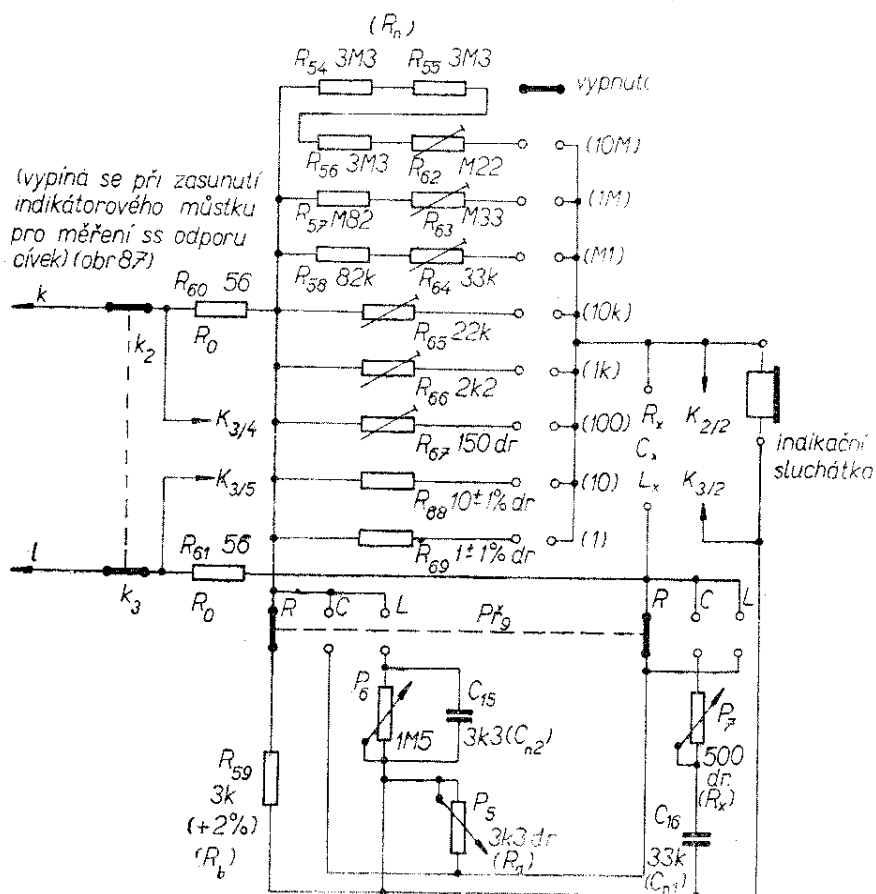
$$C_{n1} = \frac{10^{-5} \cdot 10}{3 \cdot 000} \doteq 0,033 \mu\text{F}, \text{ tj. } 33,33 \text{ nF}.$$

To je kapacita kondenzátoru  $C_{n1}$  pro měření kapacit. Pro měření indukčností bude kapacita kondenzátoru  $C_{n2}$  za stejných podmínek v požadovaném měřicím rozsahu 100  $\mu\text{H}$

$$C_{n2} = \frac{L}{R_n R_b} = \frac{10^{-4}}{10 \cdot 3 \cdot 000} \doteq 0,0033 \mu\text{F}, \text{ tj. } 3,33 \text{ nF}.$$

#### Popis zapojení

Celkové schéma zapojení můstku RLC je na obr. 47. Je to kombinace všech zapojení z obr. 44, 45 a 46. Normálové odpory  $R_{54}$  až  $R_{69}$  přepínáme v osmi rozsazích přepínačem  $P_8$ . Funkce můstku (měření  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ) přepínáme přepínačem



Obr. 47. Schéma můstku RLC (neoznačený přepínač je  $P_8$ )



$P\check{r}_6$ . Proměnný odpor  $R_a$  je lineární drátový potenciometr  $P_5$  — 3,3 k $\Omega$ . V sérii s kapacitním normálem  $C_{16}$  je zapojen potenciometr  $P_7$ , jenž slouží ke kompenzaci ztrátového úhlu měřeného kondenzátoru. Na panelu je potenciometr označen  $\text{tg } \delta$ .

K podobnému účelu slouží při měření indukčností potenciometr  $P_6$ , jenž je přiřazen paralelně ke kapacitnímu normálu  $C_{15}$ .

Můstek je napájen přes ochranné odpory  $R_{60}$  a  $R_{61}$  z nf generátoru, na němž před měřením nastavíme kmitočet 1 kHz. Neznámé odpory, kondenzátory a indukčnosti připojujeme na svorky označené  $R_x$  —  $C_x$  —  $L_x$ . Vyvážení můstku indikují sluchátka, zapojená do zdířek pod přepínačem funkcí (při vyvážení můstku bude mít signál ve sluchátkách minimální hlasitost).

### Použité součástky a stavba

Přepínač  $P\check{r}_8$  je jednopólový, devítipólový a přepínač  $P\check{r}_9$  je dvoupólový, třípolohový. Odporový normál 10 M $\Omega$  je složen ze tří pevných odporů 3,3 M $\Omega$  a odporového trimru 0,22 M $\Omega$ . Normály 1 M $\Omega$  a 0,1 M $\Omega$  jsou složeny vždy z jednoho pevného odporu a jednoho odporového trimru. Jako odporové normály 10 k $\Omega$  a 1 k $\Omega$  slouží přesně nastavené odporové trimry. Na pomocné destičce  $D_{5a}$  (obr. 48) jsou umístěny zbývající odporové normály 100  $\Omega$ , 10  $\Omega$  a 1  $\Omega$ , jež jsou zhotoveny z odporového drátu. Tato po-

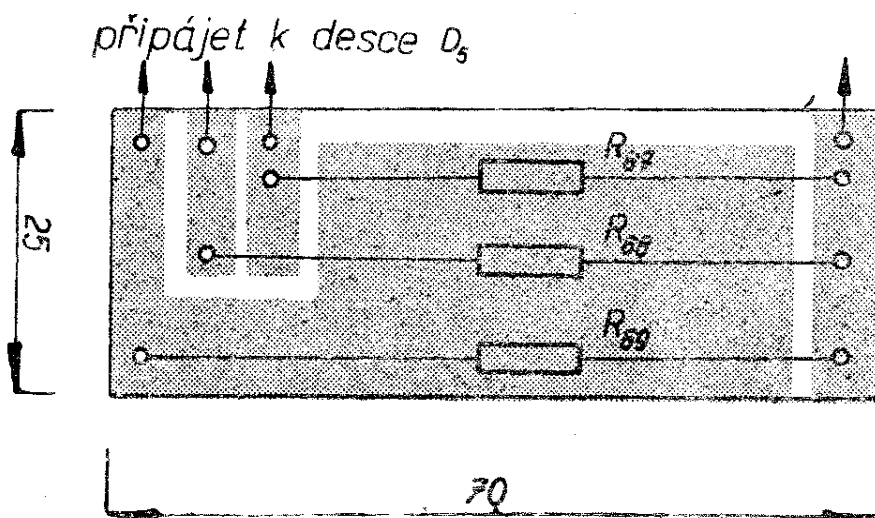
mocná destička je připájena kolmo k desce  $D_5$  (obr. 33). Podaří-li se sehnat přesné odpory s tolerancemi maximálně  $\pm 1\%$ , nemusíme odporové normály pracně nastavovat — odpory zapájíme přímo do desky.

Vzhledem k tomu, že budeme při vyvažování můstku používat tři stupnice, není nutné věnovat ostatním součástkám zvýšenou pozornost co do přesnosti jejich hodnoty. Jak oba normálové kondenzátory  $C_{15}$  a  $C_{16}$ , tak i odpor  $R_{49}$  mohou mít běžné tolerance.

Na desce  $D_5$  (obr. 33) jsou (kromě součástek Wienova můstku generátoru RC) umístěny tyto součástky můstku RLC: přepínač  $P\check{r}_8$ , potenciometry  $P_6$  a  $P_7$ , kapacitní normál  $C_{16}$  a všechny odporové normály  $R_n$ , tj.  $R_{54}$  až  $R_{69}$ . Mimoto je na desce umístěn ochranný odpor  $R_{61}$ . Zbývající součástky jsou na desce  $D_6$  (obr. 49). Je to přepínač funkcí  $P\check{r}_9$ , odpory  $R_{59}$  a  $R_{60}$ , kapacitní normál  $C_{15}$  a konečně potenciometr  $P_5$ , jímž vyvažujeme můstek. Mohlo by se zdát, že destička  $D_6$  je osazena poměrně málo součástkami, musíme však pamatovat na to, že právě nad touto destičkou budou umístěny oba konektory pro připojování doplňkových měřicích zařízení.

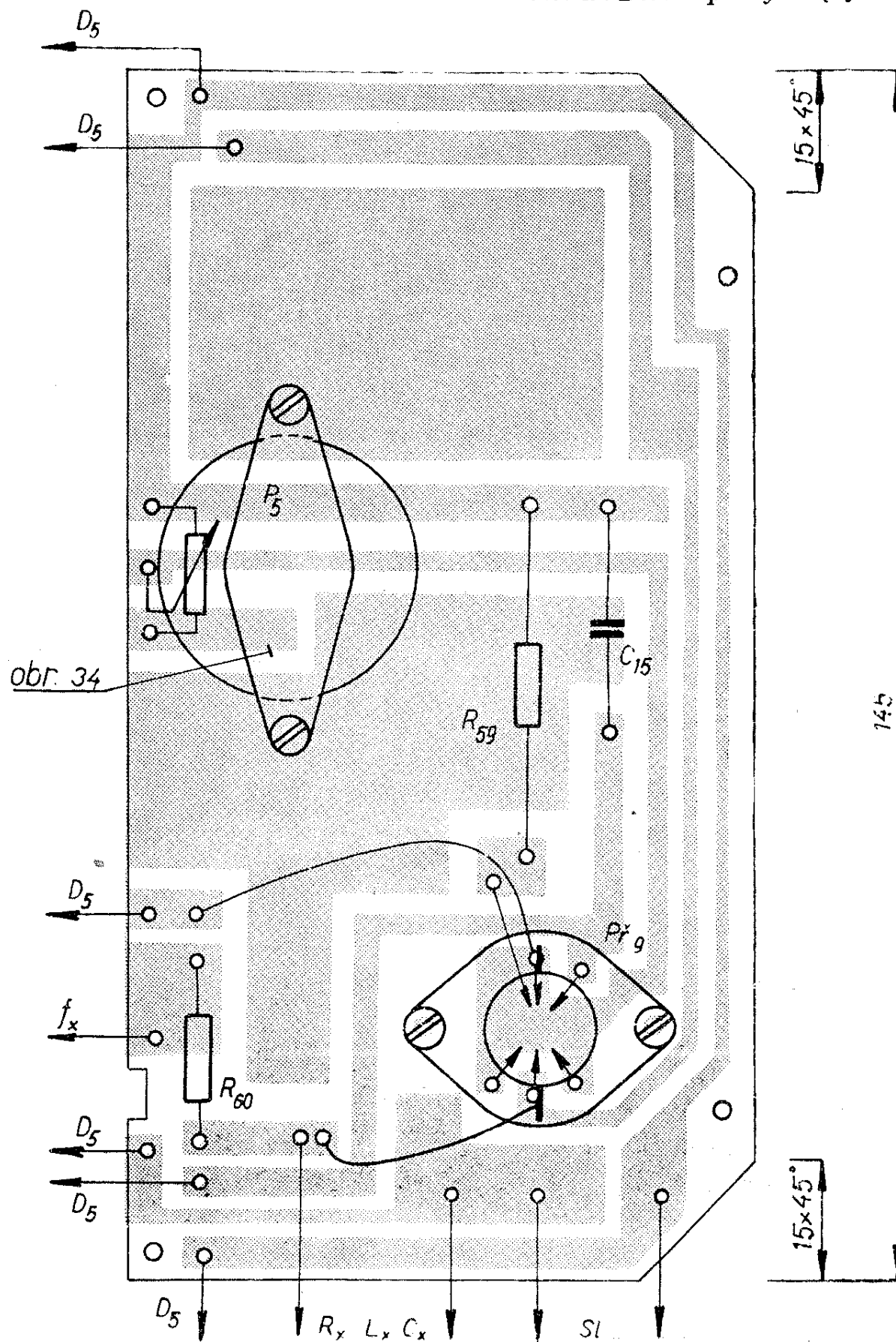
### Mechanické díly

Potenciometr  $P_5$  je upevněn v plechovém držáku, zhotoveném podle obr. 34. Potenciometr  $P_6$  je v držáku podle obr. 50 a  $P_7$  podle obr. 51. Sloupky, jimiž jsou držáky připevněny k deskám, zhotovíme



Obr. 48. Deska s plošnými spoji  $D_{5a}$

Obr. 49. Deska s plošnými spoji D6



$$34 \cdot \frac{2}{69} R_K$$

opět podle obr. 21 a jejich délku upravíme podle použitých potenciometrů.

Přepínač  $P\check{r}_8$  je jednopólový, devítipolohový (osm měřicích poloh a jedna poloha VYPNUTO) a přepínač  $P\check{r}_9$  dvoupólový, se třemi polohami.

Stupnicový kotouč je stejného provedení jako u generátoru  $RC$  a je zhotoven podle obr. 38, 39, 40 a 41.

### Cejchování

Před vlastním cejchováním stupnic je nutno co nejpřesněji nastavit všechny odporové normály. Použijeme k tomu dobrý můstek (např. Omega) a věnujeme nastavování maximální péči, neboť na přesnosti normálu závisí i přesnost celého přístroje. Když nastavíme normály, zapneme generátor  $RC$ , zasuneme sluchátka do zdírek a přistoupíme ke zhotovení stupnice můstku.

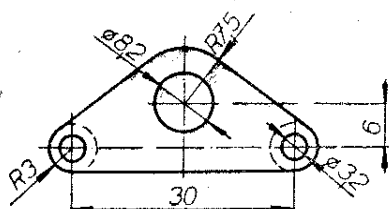
Přepínač  $P\check{r}_8$  přepneme na rozsah  $100\ \Omega$  (šestá poloha) a na pomocném reostatu nastavíme můstkem Omega např. odpor  $100\ \Omega$ . Na hřídel potenciometru  $P_5$  nasuneme kotouč se stupnicí po jednom úhlovém stupni. Otáčením hřídele potenciometru můstek vyvážíme. Poznamenejme si, v jaké poloze je můstek vyvážen. Pak nastavujeme postupně na pomocném reostatu odpor  $90, 80, 70\ \Omega$  atd. a pro každý nastavený odpor pomocného reostatu vyvažujeme náš můstek a znamenejme si příslušné dílky stupnice. Nakonec si označíme obě krajní polohy („dorazy“) potenciometru. Podíváme-li se na získané údaje, zjistíme, že stupnice bude lineární a že na odpor  $10\ \Omega$  připadá asi 27 úhlových stupňů stupnice. Stupnice pro měření indukčnosti a kapacit budou mít stejný průběh; číselné rozdělení stupnice bude však vlivem rozdílných

kapacit normálových kondenzátorů poněkud posunuto. Pokud by se podařilo sehnat normálové kondenzátory přesných kapacit (nebo je sestavit), stačila by jedna stupnice, která by platila jak pro odpory, tak kapacity i indukčnosti. Protože však generátor  $RC$  má tři stupnice, je snad z estetického hlediska dobré dodržet i u můstku  $RLC$  stejný počet stupnic, tj. použít pro každý druh měření jinou stupnici.

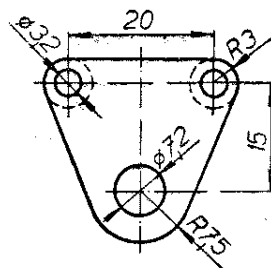
Vzájemné posunutí jednotlivých stupnic zjistíme velmi lehce změřením několika kondenzátorů a cívek, jejichž hodnoty odpovídají např.  $1/2, 1/3$ , a  $2/3$  celkové délky stupnice. K orientačnímu měření indukčnosti se nejlépe hodí feritové hrníčkové jádro s libovolnou cívkou. Na jiném můstku změříme jeho indukčnost a snažíme se vyrovnat náš můstek. Pak indukčnost cívky změníme např. vzduchovou mezerou mezi polovinami jader, cívku opět změříme na cizím můstku a porovnáme s nastavením stupnice na našem můstku. Tak po celé délce stupnice našeho můstku získáme několik bodů, které určí posunutí stupnice pro měření indukčnosti oproti stupnici pro měření odporů.

Stejným způsobem budeme postupovat při určování posunutí stupnice pro měření kondenzátorů. Použijeme k tomu několik kondenzátorů s kapacitami od  $1\ \text{nF}$  do  $10\ \text{nF}$ . Získáme opět několik bodů stupnice pro měření kondenzátorů a tím i její polohu vůči stupnici pro měření odporů. Konečné stupnice, získané opět ofotografováním předlohy, jsou na obr. 52.

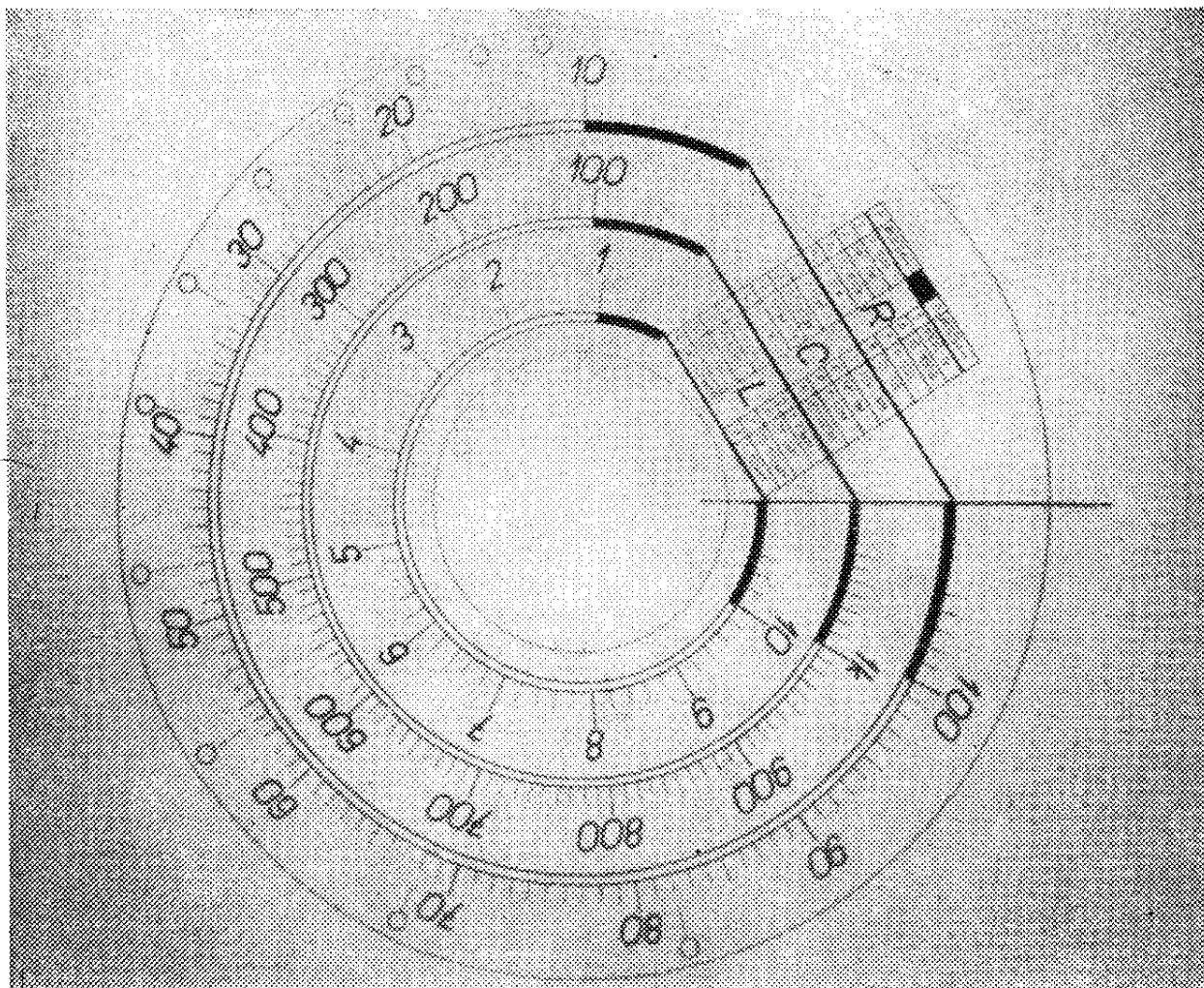
K lepší orientaci při měření odporů je vhodné vynést na stupnici o největším poloměru (stupnice k měření odporů) hodnoty nejpoužívanější řady odporů



Obr. 50. Držák potenciometru  $P_6$



Obr. 51. Držák potenciometru  $P_7$



Obr. 52. Stupnice můstku RLC

	<i>R</i>	<i>L</i>	<i>C</i>		<i>R</i>	<i>L</i>	<i>C</i>
4	$1 \div 10k$	$10 \div 100 \text{ mH}$	$1 \div 10k$	7	$1 \div 10 \Omega$	$10 \div 100 \mu\text{H}$	$1 \div 10M$
5	$100 \Omega \div 1k$	$1 \div 10 \text{ mH}$	$10k \div 1M$	8	$0,1 \div 1 \Omega$	$1 \div 10 \mu\text{H}$	$10M \div 1G$
6	$10 \div 100 \Omega$	$0,1 \div 1 \text{ mH}$	$1M \div 1M$	VYPNUTO			

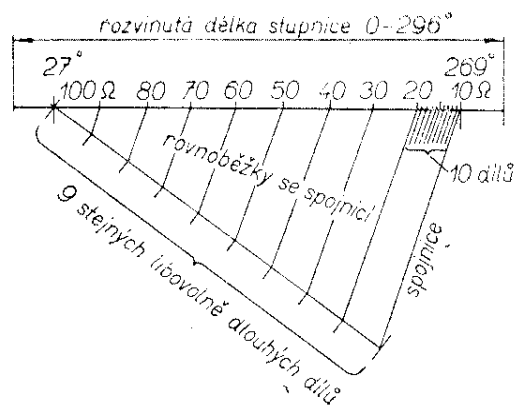
ROZSAHY			<i>R</i>	<i>L</i>	<i>C</i>
A	$35 \text{ Hz} \div 380 \text{ Hz}$	1	$1 \div 10M$	$10 \div 100 \text{ H}$	$1 \div 10 \text{ pF}$
B	$300 \text{ Hz} \div 3 \text{ kHz}$	2	$1M \div 1M$	$1 \div 10 \text{ H}$	$10 \div 100 \text{ pF}$
C	$2,7 \text{ kHz} \div 21 \text{ kHz}$	3	$10k \div 1M$	$0,1 \div 1 \text{ H}$	$100 \text{ pF} \div 1k$

Obr. 53. Orientační tabulka rozsahů

E12. Při kontrole odporů pak lehce posoudíme, jakou toleranci má ten který odpor.

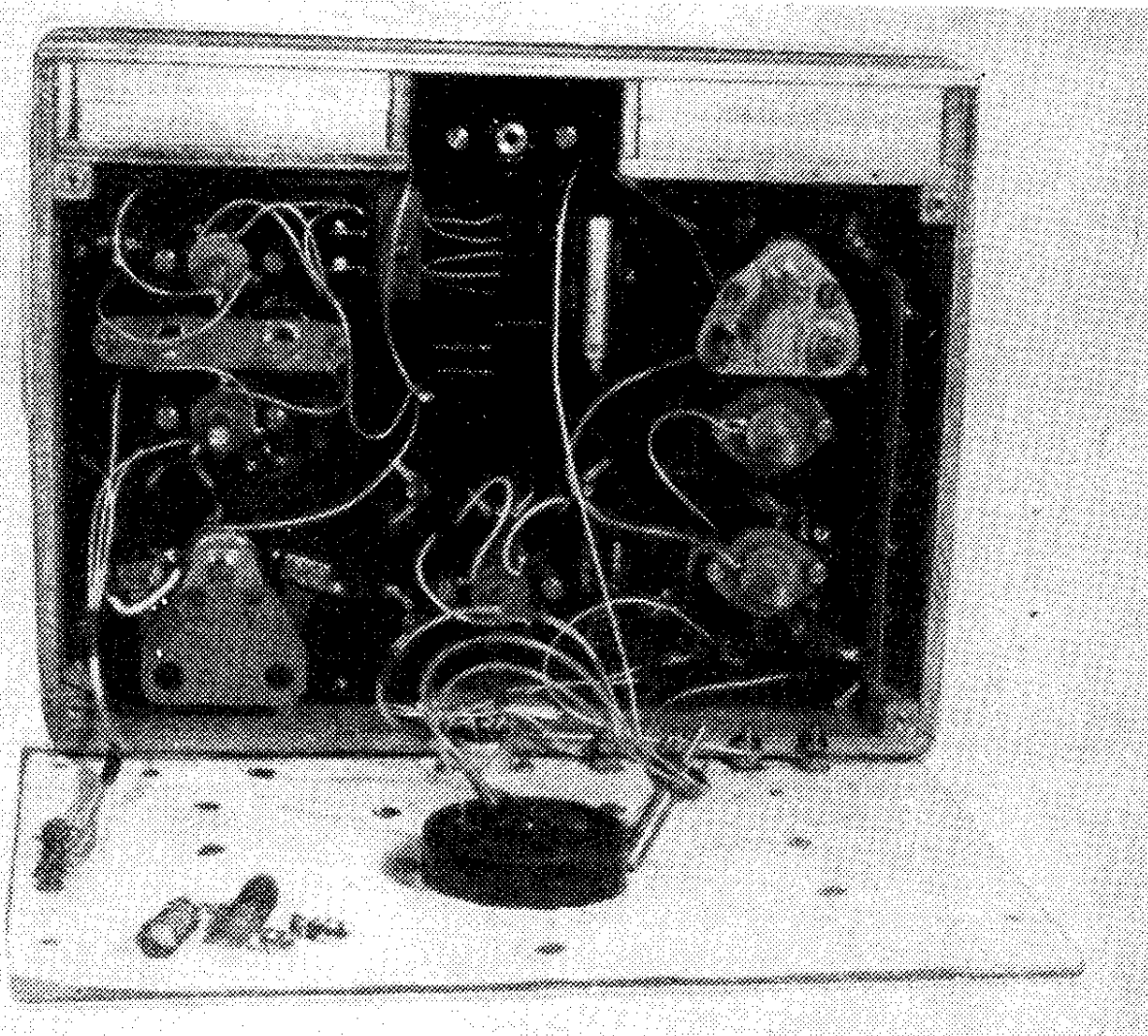
Abychom měli větší přehled o rozsazích jak generátoru RC, tak můstku RCL, zhotovíme si pod kryt zdrojů orientační tabulku podle obr. 53.

Nakonec několik poznámek ke zhotovování stupnic můstku RLC. Vzhledem k tomu, že stupnice jsou lineární a protože se špatně dělí na úhlové stupně, využijeme možnosti pohodlně je rozdělit, a to v rozvinutém tvaru. Postupujeme takto: zjistili jsme, že stupnice bude dlouhá  $269^\circ$ . Tento úhel si přeneseme na libovolném poloměru na lepenku obtočenou např. kolem hrnce ap. Pak lepenku sejmeme, rozstříhneme a úhel přeneseme



Obr. 54. Grafické rozdělení stupnice

na úsečku. Známou grafickou metodou znázorněnou na obr. 54 pak tuto úsečku rozdělíme na potřebný počet dílů. Pak



Obr. 55. Pohled do přístroje – zprava doleva desky s plošnými spoji  $D_1$ ,  $D_2$  a  $D_3$

přeneseme zhotovenou stupnici zpět na lepenku, obtočíme kolem pomocného předmětu a přeneseme na kružnici. Jednotlivé dílky pak spojujeme se středem stupnicového oblouku na předloze a tak lehce získáme přesně rozdělenou stupnici požadovaného poloměru.

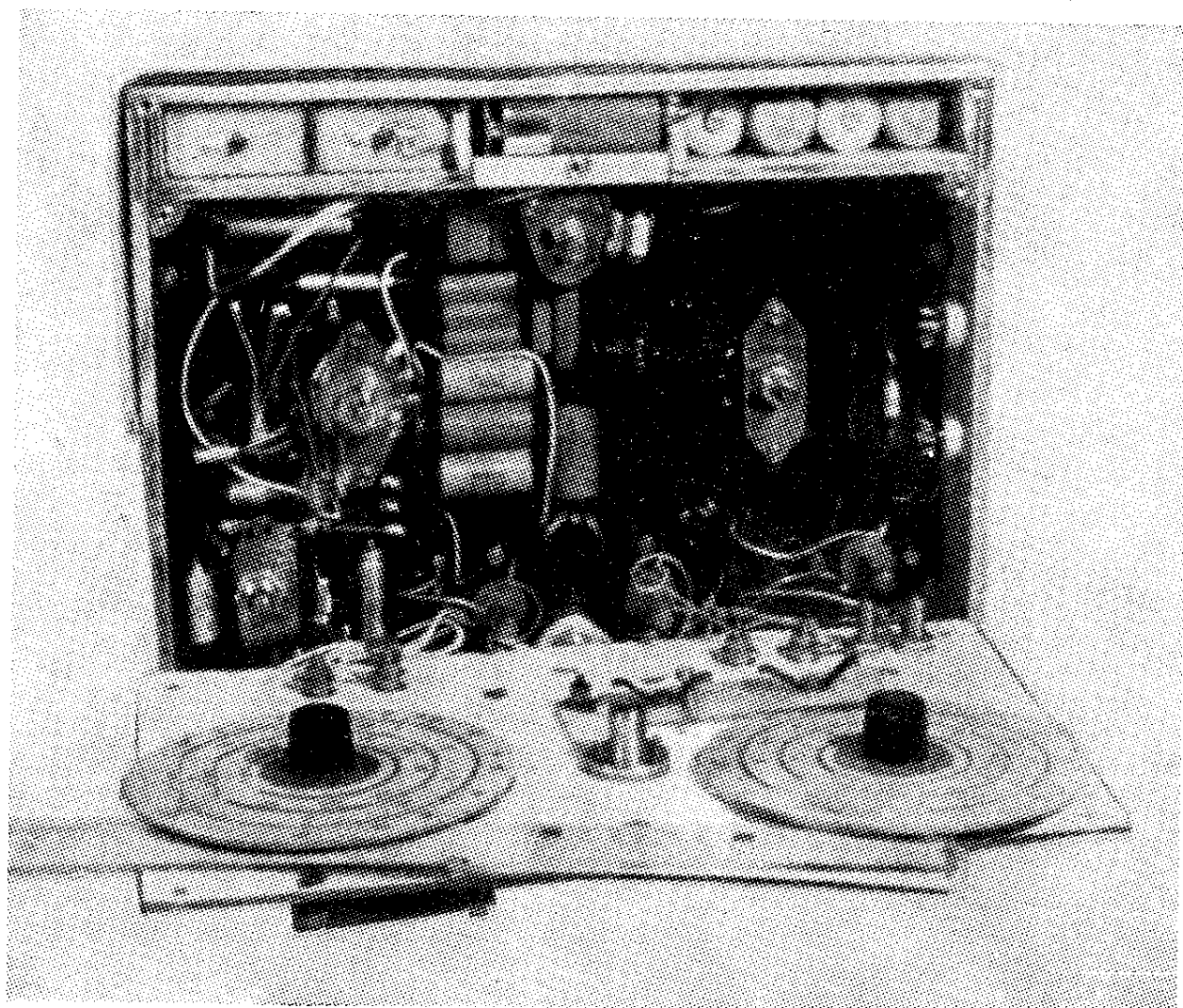
### Seznam součástí

Odpory:  $R_{54}, R_{55}$  a  $R_{56} - 3,3 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{57} - 0,82 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{58} - 82 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{59} - 3 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{60}$  a  $R_{61} - 56 \Omega$ ,  
 $R_{62} - \text{trimr } 0,22 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{63} - \text{trimr } 0,33 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{64} - \text{trimr } 33 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{65} - \text{trimr } 22 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{66} - \text{trimr } 2,2 \text{ k}\Omega$

$R_{67} - 150 \Omega$ , drátový potenciometr,  
 $R_{68} - 10 \Omega \pm 1 \%$  drátový.  
Kondenzátory:  $C_{18} - 3,3 \text{ nF}/160 \text{ V}$ ,  
 $C_{19} - 33 \text{ nF}/160 \text{ V}$ .  
Přepínače:  $P_8 - 1 \times 9$  poloh,  
 $P_9 - 2 \times 3$  polohy.  
Potenciometry:  $P_5 - 3,3 \text{ k}\Omega$ , drátový, lineární, střední velikosti.  
 $P_6 - 1,5 \text{ M}\Omega$ , lineární miniaturní,  
 $P_7 - 500 \Omega$ , drátový, lineární, miniaturní.  
Ostatní materiál: 2 přístrojové svorky,  
2 neizolované zdíčky,  
5 knoflíků malého průměru.

### Literatura

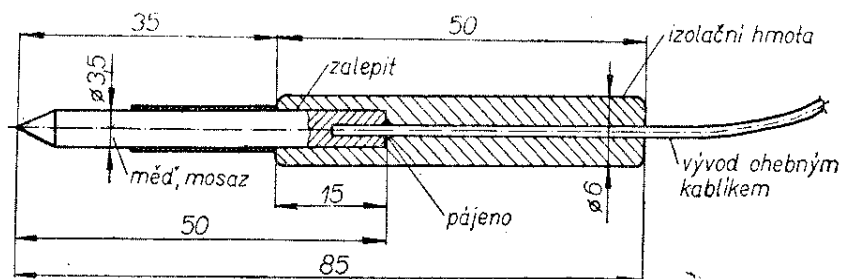
- [1] Laboratoř mladého radioamatéra - Můstek RLC. AR 2/67.
- [2] Čermák, J.: Tranzistory v radioamátérově praxi. SNTL: Praha 1960.



Obr. 56. Pohled do přístroje - zleva doprava desky s plošnými spoji  $D_4$ ,  $D_5$  a  $D_6$  a uložení zdrojů



Obr. 57. Měřicí hrot  
v miniaturním pro-  
vedení



Tím je ukončen popis vlastního měřicího přístroje. Pro lepší představu o vnitřním uspořádání přístroje několik fotografií: pohled do přístroje (po odšroubování čelního panelu na jedné straně přístroje) na tranzistorový voltmetr a zkoušeč tranzistorů je na obr. 55. V horní části přístroje vidíme prostory pro napájecí zdroje a mezi nimi přepínač funkcí, zdrojů a měřidla. Vlastní měřidlo je přišroubováno na panelu. Měřidlo má odsoustruženou celou zadní část bakelitového krytu, aby se vešlo do přístroje. Příводы k měřidlu jsou z ohebných kablíků, jež jsou připájeny na horní část přepínače  $Pr_1$ . Tato horní část přepínače je z těla přepínače vytažena a leží vedle měřidla. Vlevo na krycím panelu jsou položena obě tlačítka (i s pružinami) ze zkoušečky tranzistorů. Zcela vlevo na krycím panelu vidíme zadní část svorek zkoušeče tranzistorů a spojovací vodiče. V této části přístroje jsou desky  $D_1$ ,  $D_2$  a  $D_3$ .

Na obr. 56 je pohled do přístroje při odstranění druhé čelní desky. Vidíme desky s plošnými spoji  $D_4$ ,  $D_5$  a  $D_6$ , to znamená generátor  $RC$  a můstek  $RLC$ . V levé části je zesilovač generátoru  $RC$ , vpravo můstek  $RLC$ . V horní části přístroje jsou uloženy zdroje. Vlevo s nasunutým krytem, uprostřed je naležato baterie 9 V pro napájení generátoru  $RC$  a vpravo jednotlivé články malé baterie 3 V. Kryt těchto článků leží dole na krycím panelu. Dále jsou na tomto panelu položeny oba stupnicové kotouče a orientační tabulka rozsahů. Uprostřed krycího panelu je ložisko jemného posuvu stupnicových kotoučů. V pravé části skřínky (na svislé boční stěně) jsou el a konektory pro připojování doplňkových přístrojů, které budou popsány později.

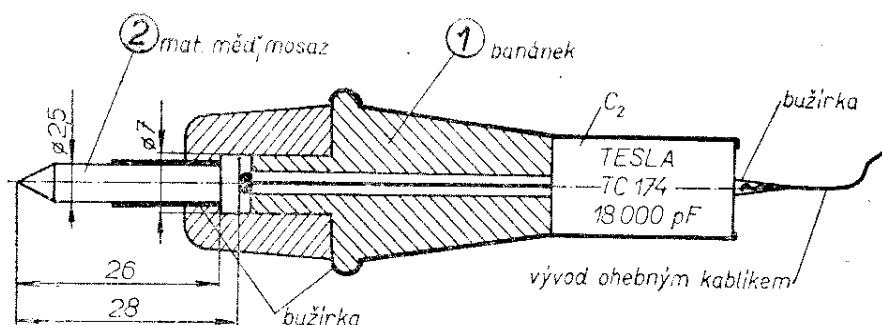
### Společné příslušenství základního přístroje

K popsanému přístroji patří i toto společné příslušenství:

a) *Měřicí hroty.* Tento nejpotřebnější doplněk měřicího přístroje je možno zakoupit v obchodě. Komu by se zdálo, že běžné měřicí hroty jsou příliš robustní, může si je lehce zhotovit sám. Na obr. 57 je vyobrazena sestava miniaturního měřicího hrotu vlastní konstrukce (včetně rozměrů).

Měřicí hrot se skládá z izolačního držátka o  $\varnothing 6$  mm, do něhož je zalepena kovová tyčka o  $\varnothing 3,5$  mm. Tato tyčka je na jednom konci zašpičatěna a na druhém konci má otvor o  $\varnothing 1,5$  mm. Do tohoto otvoru je (před zalepením hrotu do držátka) připájen jeden konec vývodního ohebného kablíku. Kablík je na druhém konci opatřen běžným banánkem. Kovová tyčka vyčnívá z držáku v délce asi 35 mm. V délce asi 30 mm ji potáhneme izolační bužírkou. Pro druhý měřicí hrot volíme jinou barvu izolační bužírky, neboť při měření je třeba hroty často odlišit. Též vývodní kablíky volíme různobarevné – přispěje to k urychlení orientace při měření.

Při měření střídavých napětí a proudů (abychom oddělili případnou stejnosměrnou složku napětí, jež by mohla ovlivnit správnost měření), použijeme měřicí hrot podle obr. 58. Tento hrot je zhotoven úpravou běžného banánku (poz. 1); úprava spočívá ve výměně kovové části banánku za jinou (poz. 2). Rozměry a tvar nového hrotu jsou na obr. 58. Do banánku zasuneme jeden vývod kondenzátoru 18 nF/400 V, na druhý vývod je připájen ohebný kablík ukončený banánkem. Přes tento druhý vývod kondenzátoru, hrot i kondenzátor převlékneme bu-



Obr. 58. Měřicí hrot k měření střídavých napětí a proudů

žírku, aby byl celek bezpečně izolován proti doteku. Používáním tohoto hrotu při měření střídavých veličin uspoříme v přístroji jednu svorku a jeden segment přepínače.

b) *Sluchátka.* K vyvažování můstku RLC a ke sledování signálu nf generátoru potřebujeme běžná sluchátka s velkou impedancí, příp. postačí i jedno sluchátko s odporem asi 2 000 až 4 000  $\Omega$ .

c) *Spojovací kablíky.* Pro různá měření je výhodné mít při ruce několik jednožilových ohebných kablíků, které mají na obou koncích banánky. Pro měření na nf zařízeních, jako jsou zesilovače, magneto-fony atd., je výhodné zhotovit si spojovací kablíky (případně stíněné), které na jednom konci připojíme ke konektoru. Druhý konec těchto kablíků můžeme ukončit banánky, nebo je připájet na konektorovou zásuvku. Speciální měření bude jistě vyžadovat i speciální příslušenství. Nebude jistě problém si toto příslušenství sestavit a tak si usnadnit a urychlit práci.

## Doplňkové přístroje

### Tužkový multivibrátor

#### Technické vlastnosti

Multivibrátor je zdroj signálu o kmitočtu 1 kHz se spektrem harmonických kmitočtů, sahajících až asi do 1,5 MHz.

#### Volba a popis zapojení

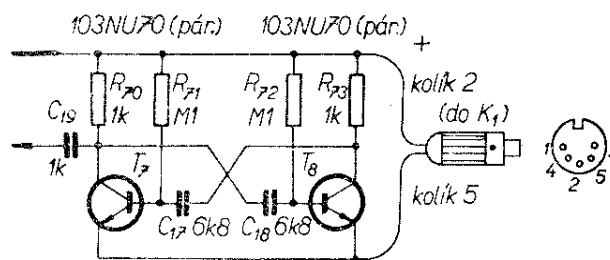
Multivibrátor je cenný přístroj pro vyhledávání poruch v přijímačích a zesilovačích. Navíc lze tímto přístrojem i sla-

dovat přijímače a zjišťovat vlastnosti zesilovačů.

Multivibrátor je v podstatě odporově vázaný zesilovač s kladnou zpětnou vazbou z výstupu na vstup; velikost této zpětné vazby je větší než kritická. Po připojení napájecího napětí dojde v tomto zesilovači k nestabilitě a tím k jeho rozkmitání. Základní kmitočet multivibrátoru je určen časovou konstantou dvojice  $R_{71}$ ,  $C_{17}$ , a  $R_{72}$ ,  $C_{18}$ . S uvedenými součástkami (obr. 59) kmitá multivibrátor na kmitočtu asi 1 kHz.

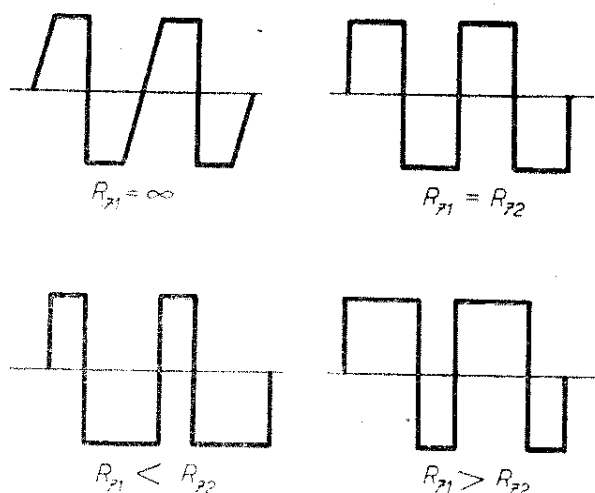
Každé zapojení běžných multivibrátorů se vyznačuje křížovým spojením bází s kolektory přes vazební kondenzátory. Čím je časová konstanta větší, tím nižší je základní kmitočet signálu multivibrátoru. Pokud bude  $R_{71} = R_{72}$  a  $C_{17} = C_{18}$ , bude signál souměrný – na výstupu se objeví souměrný pravoúhlý (obdélíkovitý) signál. Různé jiné tvary signálu můžeme získat při různých odporech v bázích tranzistorů, tj. odporů  $R_{71}$  a  $R_{72}$ . Na obr. 60 jsou tvary kmitů při různých odporech v bázích.

Výběru tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$  je nutno věnovat pozornost (chceme-li mít na výstupu multivibrátoru souměrný signál definovaného průběhu). Musíme použít párované tranzistory se stejnými zbytkovými proudy a stejným zesilovacím činitelem.



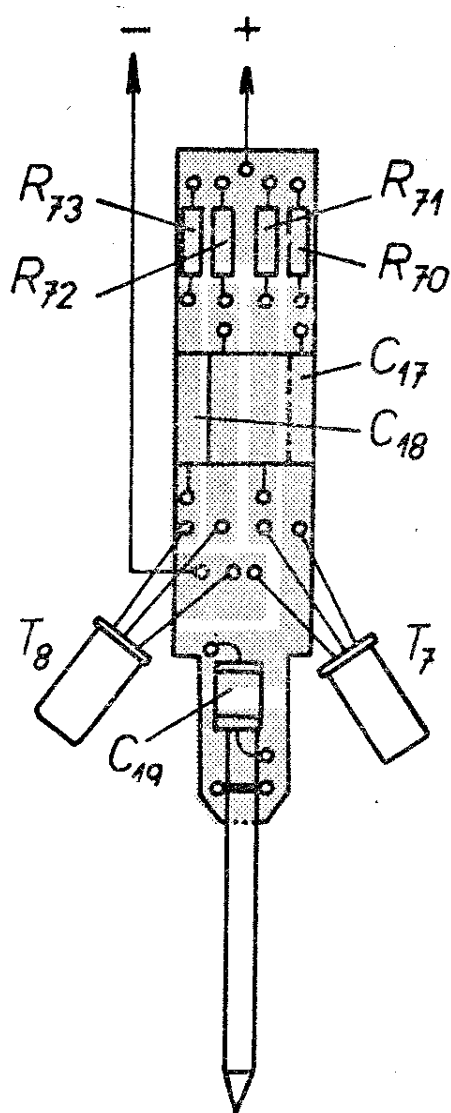
Obr. 59. Schéma multivibrátoru



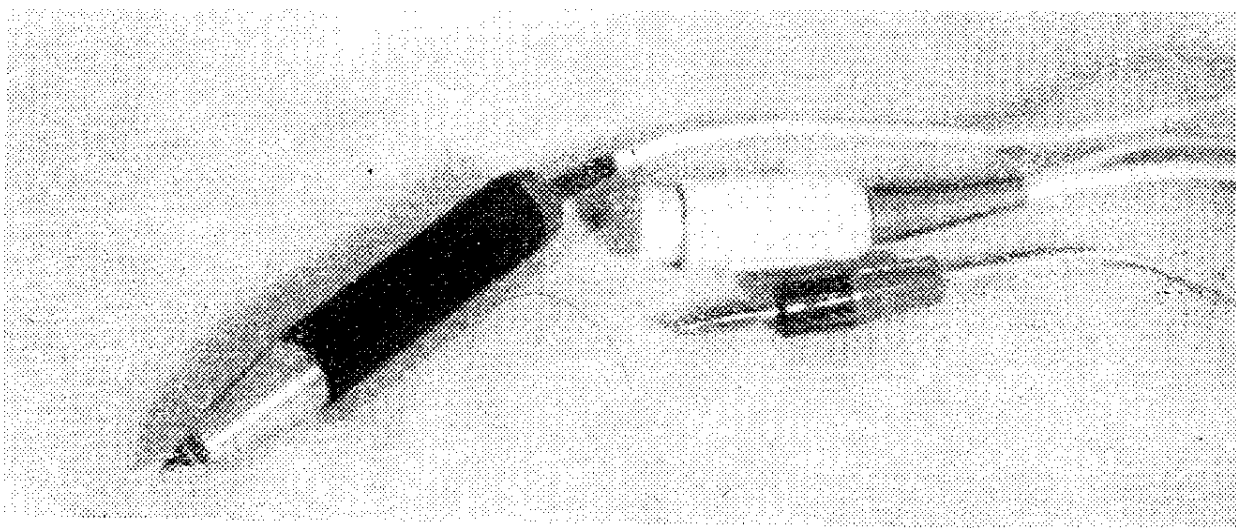


Obr. 60. Tvar kmitů multivibrátoru v závislosti na odporech v bázích tranzistorů

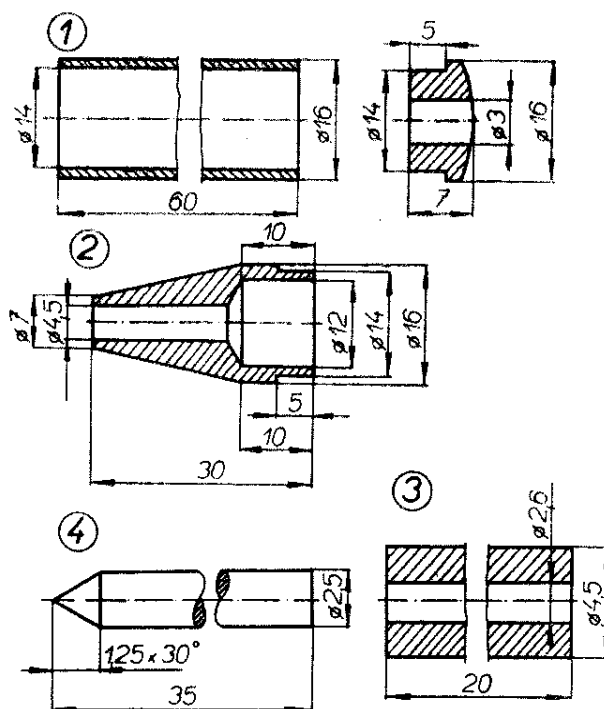
Při připojení napájecího napětí počne tranzistory procházet proud, neboť jsou oba otevřeny kladným předpětím bází. Vzhledem k tomu, že zapojení má vždy určitou nesouměrnost, bude se zvětšovat proud v jednom tranzistoru rychleji, než v druhém. Křížovou vazbou se pomalejší zvětšování proudu v druhém tranzistoru ještě víc zpomalí, až bude první tranzistor plně otevřen, zatímco druhý se uzavře. V druhé fázi se začne uzavírat první tranzistor a otevírat druhý; toto tzv. překlopení závisí na době, za níž se náboj vazebního kondenzátoru vyrovná přes připojený odpor. Děj se opakuje, dvojice tranzistorů se periodicky



Obr. 61. Deska s plošnými spoji  $D_7$



Obr. 62. Celkový vzhled multivibrátoru



Obr. 63. Mechanické díly pouzdra multi-vibrátoru

překlápí, čímž vzniká nízkofrekvenční signál s četnými harmonickými kmity.

#### Použití součástky a stavba

Všechny součástky jsou umístěny na destičce s plošnými spoji  $D_7$  podle obr. 61. Na destičku nejdříve připájíme hrot (obr. 63, poz. 4), odpory a kondenzátory a nakonec párované tranzistory, jejichž vývody zkrátíme asi na polovinu. Tranzistory pájíme rychle, abychom je nepoškodili. Připájené tranzistory přihneme k destičce, aby zabíraly co nejméně místa.

Přístroj se napájí z konektoru  $K_2$  základního přístroje napětím 4,5 V. Kladný pól zdroje je ze zástrčky konektoru vyveden kablíkem, jenž je ukončen banánkem nebo krokosvorkou – tvoří druhý vývod multivibrátoru.

#### Mechanické díly

Celkový pohled na přístroj je na obr. 62, z něhož je zřejmé, že destička se všemi součástkami je vložena do kovového pouzdra. Jednotlivé části tohoto pouzdra i s rozměry jsou na obr. 63. Střední část

pouzdra (poz. 1) tvoří mosazná trubička o  $\varnothing 14/16$  mm. V dolní části pouzdra je epoxidovým tmelem přilepen duralový nebo hliníkový kužel (poz. 2), do něhož je naraženo izolační pouzdro (poz. 3). Tímto pouzdrem prochází hrot (poz. 4), jenž je připájen na konec destičky  $D_7$ . Horní část pouzdra je uzavřena čepičkou (1 vpravo); tou prochází přívod napájecího napětí. Je výhodné použít bílou přívodní šňůru k mikrofonům (jednoduchý stíněný kabel) a ukončit ji tříkolíkovou vidlicí typu 6AF 689 00/14. Pouzdro multivibrátoru pro lepší vzhled opět polepíme knihařským plátnem.

#### Uvedení do provozu

Při správném zapojení tranzistoru nebude uvádění do chodu činit žádné potíže. Obvykle začne multivibrátor kmitat hned na prvé zapojení. Cejchování tento přístroj nevyžaduje.

#### Pokyny pro práci s přístrojem

Tento všestranně užitečný přístroj můžeme v praxi použít při mnoha pracovních operacích. Předně je třeba uvést, že multivibrátor má dvě základní úrovně výstupního signálu; použijeme-li při zkoušení jen hrot přístroje, který přikládáme na jednotlivé spoje nebo součástky zkoušeného obvodu, je signál menší úrovně. Potřebujeme-li přivést do zkoušeného obvodu signál silnější, spojíme kladný pól napájecího napětí multivibrátoru galvanicky s kostrou nebo společným vodičem zkoušeného obvodu (k tomuto účelu slouží již zmíněný ohebný kablík ukončený krokosvorkou). Největší dosažitelná amplituda výstupního signálu je v tomto zapojení asi 0,5 V.

Multivibrátor můžeme s úspěchem použít při těchto pracích:

1. *Hledání závad v přijímačích a zesilovačích.* Postupujeme proti cestě signálu. Např. u tranzistorových přijímačů přikládáme vývod multivibrátoru postupně na tato místa:

- a) emitor koncového tranzistoru,
- b) báze koncového tranzistoru,
- c) emitor budicího tranzistoru,
- d) báze budicího tranzistoru,

- e) živý konec regulátoru hlasitosti, nebo demodulační dioda,
- f) emitor druhého mezifrekvenčního tranzistoru,
- g) báze druhého mezifrekvenčního tranzistoru,
- h) oba vývody sekundárního vinutí mezifrekvenčního transformátoru,
- i) body f), g), h) u ostatních mf stupňů kontrolujeme stejným způsobem,
- j) emitor směšovacího (vstupního) tranzistoru,
- k) báze směšovacího tranzistoru,
- l) vazební vinutí feritové antény a konečně
- m) rotor ladicího kondenzátoru vstupního obvodu.

U elektronkového přijímače je postup shodný, místo na emitor přikládáme však hrot multivibrátoru na anodu elektronky a místo na bázi na řídicí mřížku.

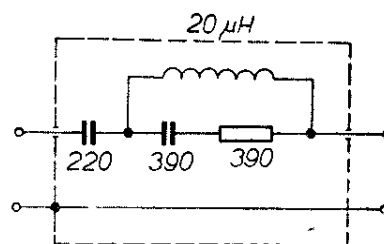
Pokud v reproduktoru slyšíme základní tón multivibrátoru, jsou obvody v pořádku. Zmizí-li tento tón, je závada mezi posledními měřicími body. Z toho vidíme, že závadu je možno najít velmi rychle a vymezit místo poruchy na několik málo součástek.

**2. Ladění vstupních obvodů přijímače do souběhu.** Při použití multivibrátoru se nemusíme starat o přeladování zdroje signálu, protože přijímač si potřebný kmitočet vybere sám. Na výstup přijímače, tj. paralelně k reproduktoru připojíme měřič výstupního signálu. Na vstup přijímače přivedeme signál z multivibrátoru a „projedeme“ ladicím kondenzátorem celý rozsah. Měřič výstupního signálu nemá přitom ukázat větší změny výchylky. Není-li tomu tak, musíme vstupní obvody sladit. Postupujeme takto: přijímač naladíme na kmitočtově vyšší konec rozsahu, na němž se snažíme získat souběh; trimrem vstupního obvodu ladíme na největší výchylku výstupního měřiče. Pak přeladíme kondenzátor přijímače na nižší kmitočtový konec sladovaného rozsahu a doladujeme změnou indukčnosti (např. cívkou feritové antény). Postup několikrát opakujeme, až výchylka výstupního měřiče nebude v obou polohách ladicího kondenzátoru vykazovat podstatné změny. Postup opakujeme na ostatních rozsah

zích stejným způsobem. Nemůžeme-li dosáhnout stejné citlivosti po celém rozsahu, nemá ladicí kondenzátor dokonalý souběh. Závadu lze odstranit opatrným ohýbáním krajových plíšků rotoru za stálé kontroly výstupního měřiče.

**3. Sladování továrních, ale i amatérských přijímačů,** které se časem rozladily, je pomocí tohoto generátoru souvislého spektra velmi jednoduché a rychlé.

**4. Multivibrátorem lze sladovat i mezifrekvenční transformátory.** Podmínkou však je, aby alespoň jeden stupeň mf zesilovače byl naladěn na správný kmitočet (nejlépe poslední mf transformátor). Signál pak přivedeme na emitor předchozího tranzistoru a ladíme předposlední mf transformátor na největší výchylku výstupního měřiče. Pak přivedeme signál na emitor směšovacího tranzistoru a ladíme první mf transformátor na největší výchylku výstupního měřiče.



Obr. 64. Schéma umělé antény

Při ladění se doporučuje vyřadit z činnosti oscilátor přijímače.

Při sladování bývá někdy výhodné použít umělou anténu podle obr. 64.

#### Seznam součástí

Odpory:  $R_{70}$  a  $R_{75}$  – 1 k $\Omega$ ,  
 $R_{71}$  a  $R_{74}$  – 0,1 M $\Omega$ .

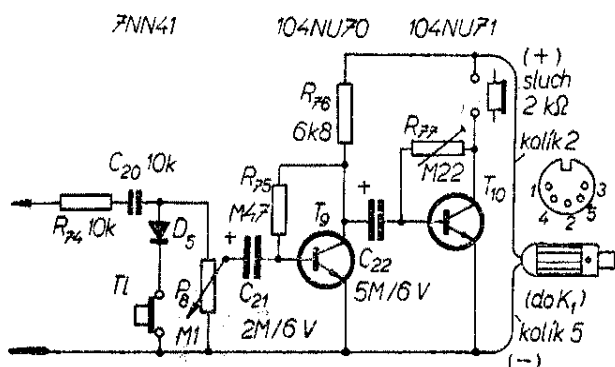
Kondenzátory:  $C_{17}$  a  $C_{18}$  – 6,8 nF,  
 $C_{19}$  – 1 nF.

Tranzistory:  $T_7$  a  $T_8$  – 103NU70, párované, bílé čepičky ( $\beta \geq 100$ ).

Ostatní materiál: 1 banánek,  
1 konektorová vidlice typ 6AF 689 00/14.

#### Literatura

- [1] Hyan, J. T.: Měření a sladování amatérských přijímačů. SNTL: Praha 1964.
- [2] Koudela, K.: Plošné spoje. SNTL: Praha 1966.



Obr. 65. Schéma sledovače signálů

## Sledovač signálů

### Volba zapojení

Dalším platným doplňkem základního přístroje je sledovač signálů. Je to opět pomůcka především k vyhledávání závad v přijímačích. S tímto přístrojem pracujeme opačně než s multivibrátorem, protože sledujeme přijímaný signál směrem od antény ke koncovému stupni nf zesilovače. V poměrně krátké době lze sledovačem najít nejen vadný obvod, ale i studený spoj nebo místo, od něhož dochází ke zkreslení signálu.

Při hledání závady je lhostejné, zda sledujeme zachycený pořad rozhlasového vysílače, nebo zda si vytváříme sami zkušební signál (např. pomocí multivibrátoru jehož signál přivedeme na anténu zkoušeného přijímače). Při zkoušení nf zesilovačů a magnetofonů můžeme sledovat i signál, získaný přehráváním mra-

fonové desky nebo magnetofonového pásu.

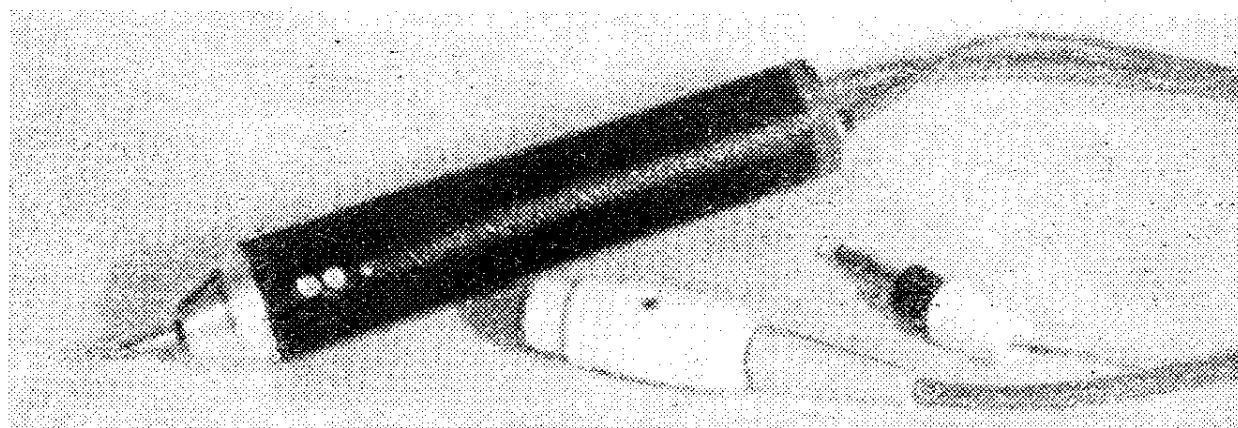
### Popis zapojení

Schéma dvoustupňového tranzistorového sledovače signálu je na obr. 65. Je to v podstatě dvoustupňový, odporově vázaný zesilovač, jenž má na vstupu detekční sondu, za níž následuje regulátor hlasitosti. Z běžce regulátoru hlasitosti jde signál na dva zesilovací stupně. V kolektoru tranzistoru druhého zesilovacího stupně jsou sluchátka, jimiž posloucháme sledovaný signál. Stiskneme-li tlačítko ve vstupní sondě, připojíme paralelně ke vstupu detekční diodu, což umožňuje sledovat signál i ve vf části přijímače. V opačném případě je kontakt rozpojen, dioda  $D_5$  je odpojena a vstup je přizpůsoben ke sledování nf signálu.

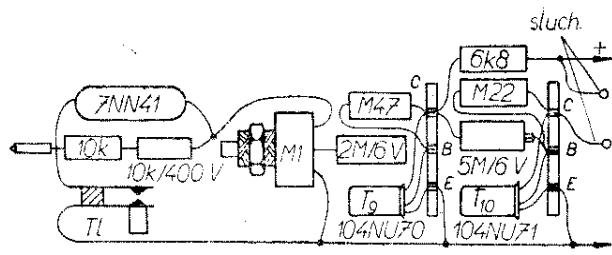
Tranzistor  $T_9$  vybereme s co nejmenším šumem. Koncový tranzistor  $T_{10}$  je typu 104NU71 nebo 106NU70. Kondenzátor  $C_{20}$  slouží nejen jako vzební, ale i jako oddělovací (při sledování signálu v místech se stejnosměrným napětím). Z tohoto důvodu je nutno použít kondenzátor pro vyšší provozní napětí.

### Použité součástky

Sledovač je, jak je zřejmé z obr. 66, v tužkovém uspořádání. Součástky však nejsou (jako u ostatních přístrojů) umístěny na desce s plošnými spoji, nýbrž mezi dvě laminátové destičky, do nichž jsou zapuštěny duté nýtky. Rozmístění součástek je na obr. 67.



Obr. 66. Vzhled sledovače signálů



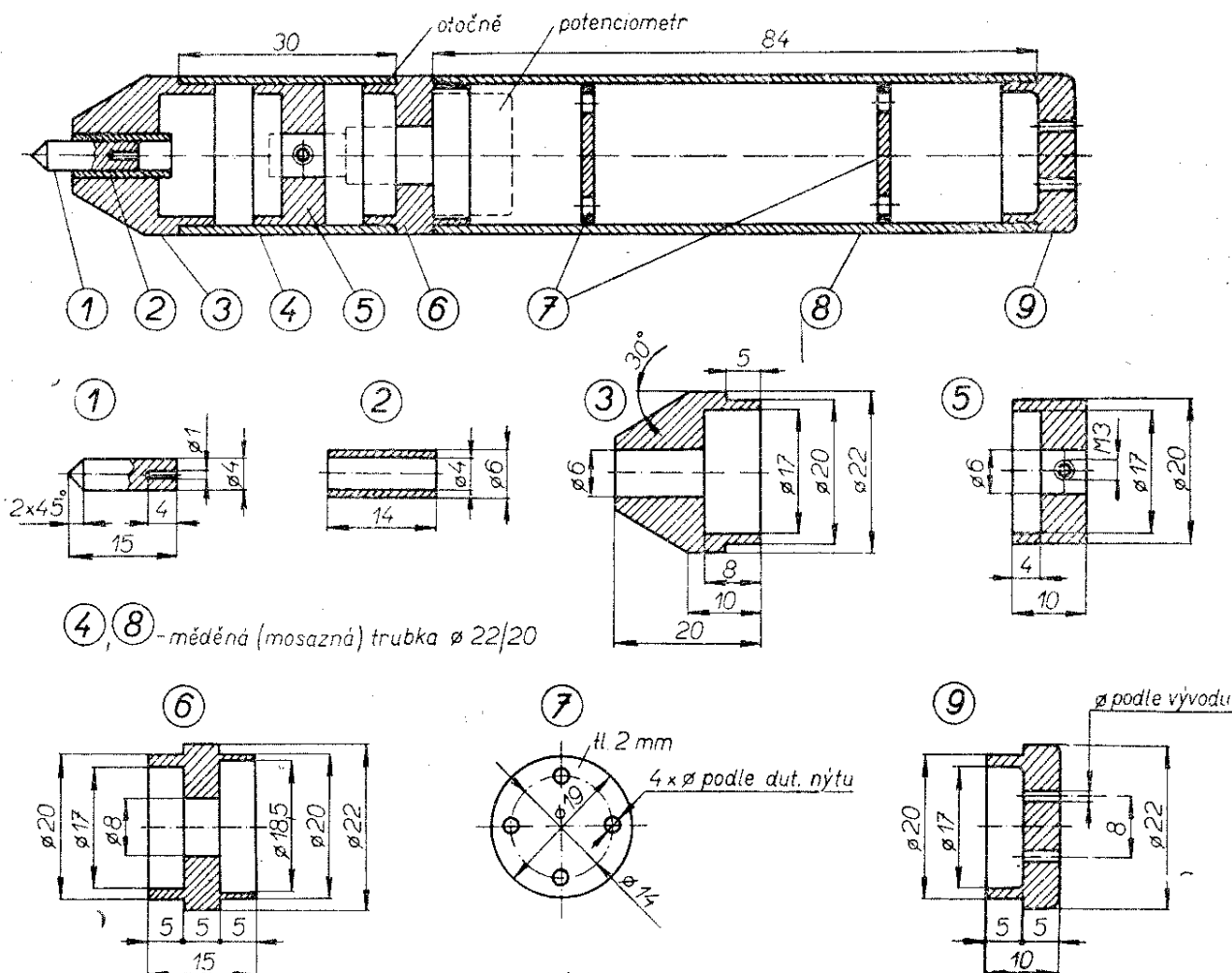
Obr. 67. Rozmístění součástek sledovače signálů (druhý pól kondenzátoru 2M je spojen sází B)

### Mechanické díly

Na obr. 68 je sestava všech mechanických dílů, z nichž je sestaveno pouzdro sledovače. Do hlavice pouzdra (poz. 3) je vlepena izolační trubka (poz. 2), v níž je pevně naražen měřicí hrot (poz. 1). Na hlavici (poz. 3) je přilepena mosazná (nebo měděná) trubka o  $\varnothing 22/20$  mm (poz. 4). Potenciometr  $P_s$  je připevněn do mezičlánku (poz. 6) a jeho hřídel je

červíkem M3 spojen s poz. 5. Tento červík prochází i trubkou (poz. 4), která se volně otáčí na mezičlánku (poz. 6). Tímto mezičlánkem procházejí dva přívodní kablíky, uložené mezi díly 5 a 6 tak, aby dovozovaly otáčení hřídelem potenciometru. V trubce (poz. 8) jsou mezi dvěma destičkami (poz. 7) upevněny zbývající součástky. Vnitřek trubky (před zasunutím součástek) izolujeme slabým pertinaxem nebo přespánem. Celé pouzdro nesmíme zapomenout uzemnit. Všechny díly proto spojíme se záporným pólům zdroje a spoje vyvedeme kablíkem, který ukončíme banánkem. Tento kablík bude sloužit ke galvanickému spojení pouzdra sledovače se zemí měřného přístroje.

Přístroj však nebude sloužit pouze jako sledovač signálů. S výhodou ho použijeme též jako zesilovač při měření na můstku RLC. Měříme-li totiž velké odpory a in-



Obr. 68. Mechanické díly sledovače signálů

dukčnosti nebo malé kapacity, je signál při vyvažování můstku tak slabý, že těžko postřehneme ve sluchátkách jeho minimum, jež je navíc ještě ploché. Můžeme proto sledovač zasunout do zdírek pro sluchátka vpravo dole pod přepínačem můstku *RLC* a nastavit potřebnou hlasitost signálu pro vyvažování na sledovači. Sluchátka připojíme na výstup sledovače. Určení minimální hlasitosti signálu je pak pohodlné, neboť si můžeme hlasitost signálu kdykoli zesílit regulátorem na sledovači.

#### Uvedení do provozu

Je málo pravděpodobné, že by mohlo dojít při sestavování přístroje k zásadní chybě v zapojení. Při uvádění do chodu proto pouze nastavíme odporem  $0,22 \text{ M}\Omega$  ( $R_{17}$ ) velikost kolektorového proudu tranzistoru  $T_{10}$  asi na  $1 \text{ mA}$ . Odpor nahradíme pro nastavování odporovým trimrem. I když je výhodné zaměnit trimr po nastavení za pevný odpor (vzhledem ke spolehlivosti), je v pouzdru dostatek místa i pro trimr.

Napájení je stejné jako u multivibrátoru (pomocí konektoru do zásuvky, označené  $K_2$ , a to opět napětím  $4,5 \text{ V}$ ). Vývody pro sluchátka jsou řešeny kablíkem, jenž je ukončen dvěma zdírkami, izolovanými bužírkou.

#### Seznam součástí

**Odpory:**  $R_{74} - 10 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{75} - 0,47 \text{ M}\Omega$ ,  
 $R_{76} - 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{77} - (\text{trimr}) 0,22 \text{ M}\Omega$ .  
**Kondenzátory:**  $C_{20} - 10 \text{ nF}/400 \text{ V}$ ,  
 $C_{21} - 2 \text{ }\mu\text{F}/6 \text{ V}$ ,  
 $C_{22} - 5 \text{ }\mu\text{F}/6 \text{ V}$ .  
**Potenciometr:**  $P_8 - 0,1 \text{ M}\Omega$ , logaritmický, miniaturní.  
**Tranzistory:**  $T_9 - 104\text{NU}70$ ,  
 $T_{10} - 104\text{NU}71$ .  
**Dioda:**  $D_8 - 7\text{NN}41$  (nebo kterákoli z řady GA, např. GA206, GA203 apod.).  
**Ostatní materiál:** 1 banánek,  
2 zdíčky pro připojení sluchátek,  
1 konektorová vidlice typ 6AF 689 00/14,  
1 spínač miniaturního provedení.

#### Literatura

- [1] Hyan, J. T.: Měření a sledování amatérských přijímačů. SNTL: Praha 1964.

- [2] Koudela, V.: Plošné spoje. SNTL: Praha 1966.  
[3] Svobodný, Z.: Opravy rozhlasových přijímačů. RK 3/67.  
[4] Čuchna, N. a Michálek, F.: Tranzistorové rozhlasové přijímače. RK 1/68.

### Útlumový článek ke generátoru RC

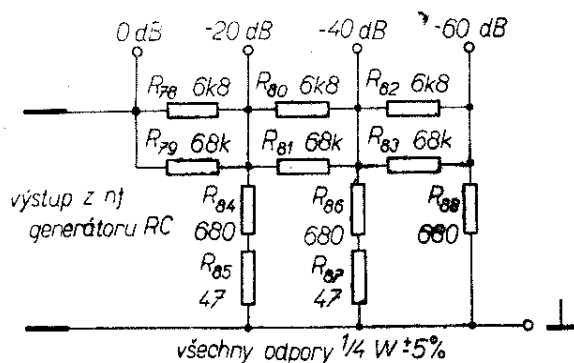
#### Volba a popis zapojení

Měříme-li na citlivých zesilovačích (např. na magnetofonech), potřebujeme k jejich vybuzení signály řádu několika milivolt až desítek milivolt. Při seřizování dále potřebujeme tyto signály zeslabovat většinou v poměru  $1:10$ , tj. o  $-20 \text{ dB}$ . K tomuto účelu jsem postavil jako doplněk nf generátoru RC útlumový článek, jenž se jednoduše zasune do výstupních zdírek generátoru.

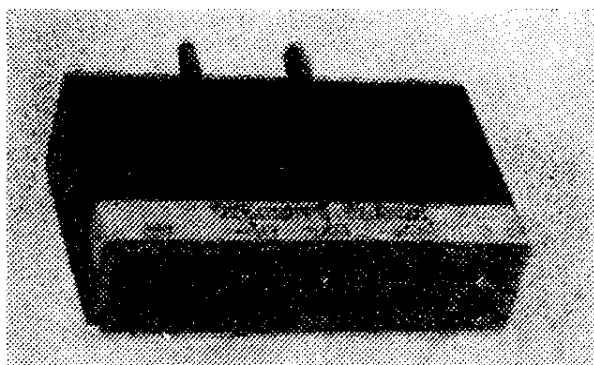
Útlumový článek (obr. 69) dovoluje zeslabovat signály o  $-20$ ,  $-40$  a  $-60 \text{ dB}$  při zachování jednotné výstupní impedance  $600 \Omega$ . Použijeme-li běžné odpory s tolerancí  $5\%$ , dosáhneme zeslabení signálu s přesností  $\pm 2 \text{ dB}$ , což pro naše měření plně vyhovuje. Všechny součástky vestavíme do krabičky o rozměrech  $70 \times 40 \times 15 \text{ mm}$ , jejíž vzhled je v konečné úpravě zřejmý z obr. 70.

#### Mechanické díly

Odpory útlumového článku jsou uloženy mezi dvě čelní desky krabičky (poz. 1 a 2) podle obr. 71. V první desce je upevněno pět izolovaných různobarevných zdírek, ve druhé dvě kovové koncovky z banánku, které jsou do destičky



Obr. 69. Útlumový článek ke generátoru RC



Obr. 70. Vzhled útlumového článku

zalepeny epoxidovým tmelem. Obě desky jsou spojeny úhelníčky (poz. 3), k nimž jsou přišroubovány šroubky M3. Mezi takto vzniklé pájecí body připájíme všechny odpory podle schématu. Kra-

bičku pak uzavřeme bočnicemi (poz. 4 a 5) tak, že bočnice k čelům přilepíme (opět epoxidovým tmelem). Po zatvrdnutí tmelu začistíme hrany krabičky a bočnice pro lepší vzhled polepíme knihařským plátnem. Nad zdiřky, jak je zřejmé z obr. 70, přilepíme proužek papíru s popisem a přelakujeme zapono-  
vým lakem.

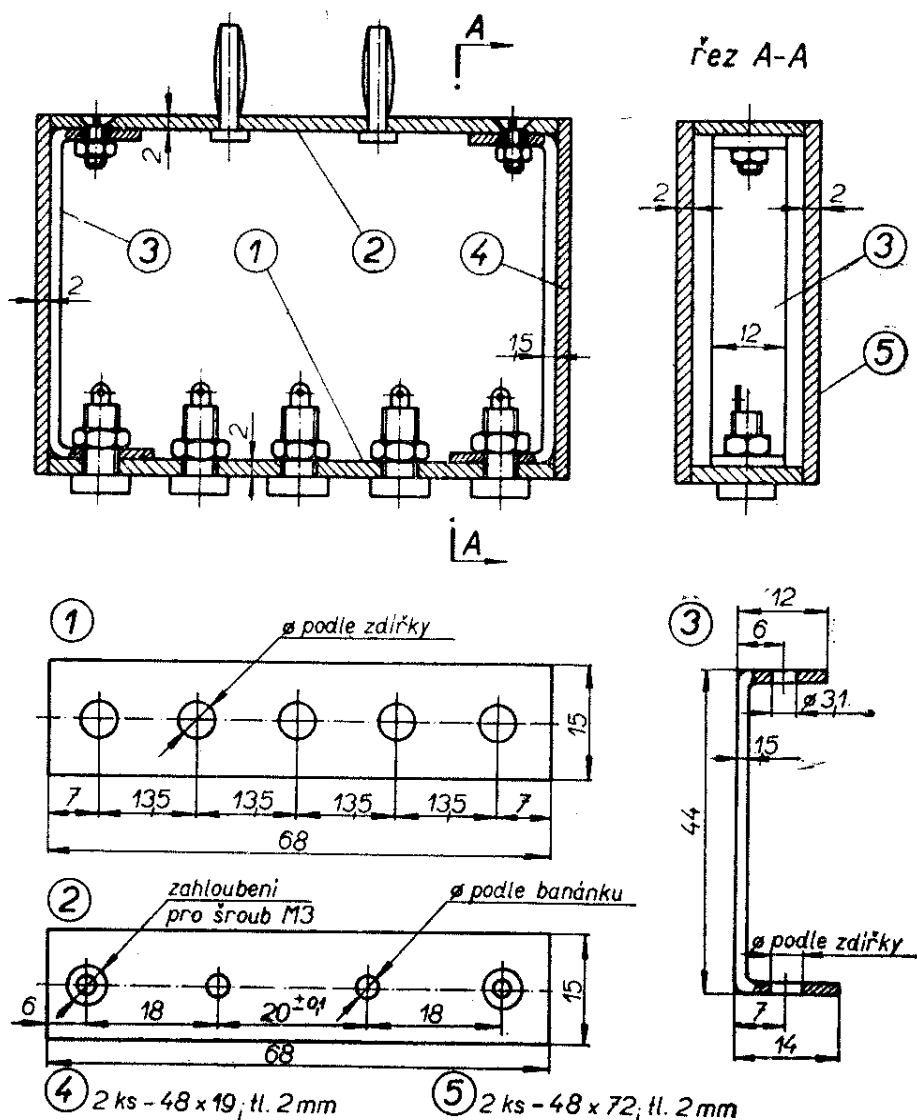
#### Seznam součástí

Odpory:  $R_{78}, R_{80}$  a  $R_{82} - 6,8 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{79}, R_{81}$  a  $R_{83} - 68 \text{ k}\Omega$ ,  
 $R_{84}, R_{86}$  a  $R_{88} - 680 \Omega$ ,  
 $R_{85}$  a  $R_{87} - 47 \Omega$ .

Ostatní materiál: 5 izolovaných různobarevných zdiřek,  
 2 banánky (jen kovový pružící díl).

#### Literatura

[1] Vackář, J.: Tranzistorový nf generátor. SNTL: Praha 1966.



Obr. 71. Mechanické uspořádání útlumového článku

## Nízkofrekvenční milivoltmetr

### Technické vlastnosti

**Měřicí rozsahy:** 3 mV – 30 mV – 300 mV – 3 V – 30 V.

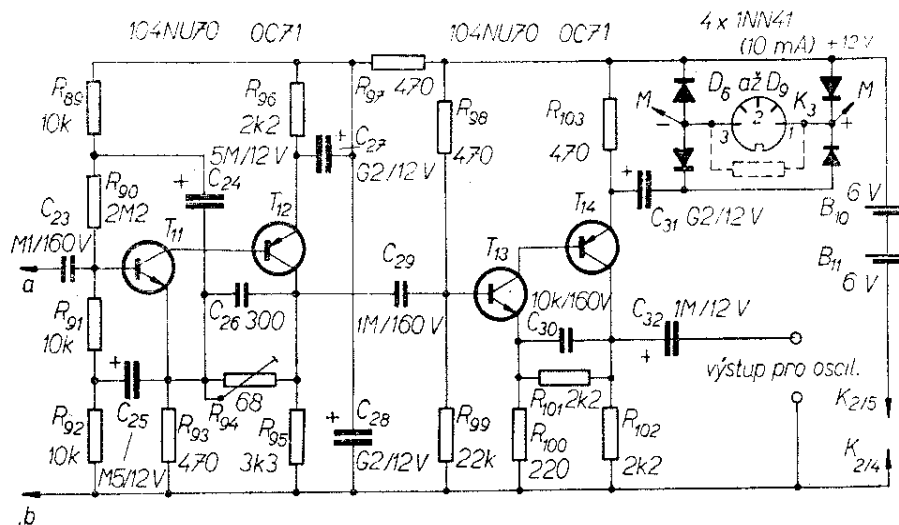
**Kmitočtová charakteristika:** 10 Hz až 30 kHz, 0 dB, do 50 kHz  $\pm 0,5$  dB, do 300 kHz – 3 dB.

**Teplotní rozsah:** 0 až 40 °C.

**Napájení:** 12 V (2 destičkové baterie 6 V typu 71D v sérii). Zdroj je vestavěn v přístavku a spíná se zasunutím přístroje do základního přístroje.

**Maximální dosažitelná citlivost:** 1 mV (bez zpětné vazby).

U první dvojice tranzistorů,  $T_{11}$  a  $T_{12}$ , jsou navíc zapojeny v obvodu emitoru  $T_{11}$  kondenzátory  $C_{24}$  a  $C_{25}$ , jež převádějí část nf napětí z emitoru  $T_{11}$  do děliče napětí jeho báze a tak zvětšují vstupní impedanci zesilovače. Kondenzátory  $C_{26}$  a  $C_{30}$  jsou kondenzátory korekční – zlepšují činnost zpětné vazby na vysokých kmitočtech. Zpětnou vazbu mezi  $T_{12}$  a  $T_{11}$  je možno regulovat. Velikostí této zpětné vazby se nastavuje základní citlivost přístroje. Zpětná vazba mezi  $T_{14}$  a  $T_{13}$  zavedená odporům  $R_{101}$ , je pevná. Rozpojíme-li obvody zpětných vazeb, dosáhneme na zesilovači vstupní citlivosti řádu desetin milivoltů. V takovém pří-



Obr. 72. Schéma zesilovače nf milivoltmetru

### Volba a popis zapojení

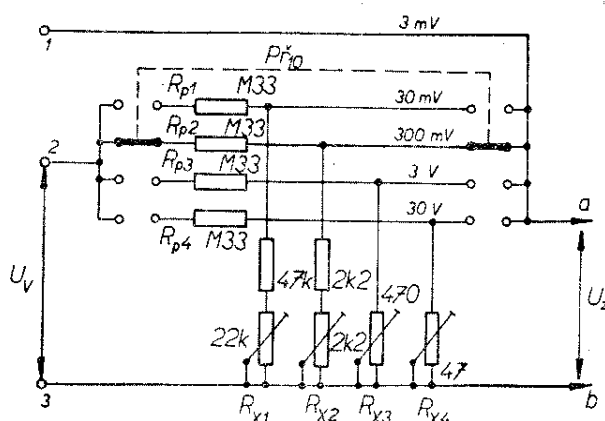
Při proměřování a seřizování nf zařízení (zesilovače, magnetofony, nf části rozhlasových přijímačů apod.) ve spojení s tónovým generátorem potřebujeme nutně nf milivoltmetr. Tento doplňovací přístroj se skládá ze tří dílů. Je to především čtyřstupňový širokopásmový zesilovač, jehož schéma je na obr. 72. Jsou to v podstatě dva podobné dvoustupňové tranzistorové zesilovače, řazené za sebou. Každý zesilovač je osazen komplementární dvojicí tranzistorů n-p-n a p-n-p. Stálost zesílení, dobrou tepelnou stabilitu i dostatečně velkou vstupní impedanci dosáhneme přímou vazbou mezi tranzistory a silnou zápornou zpětnou vazbou z kolektoru druhého tranzistoru na emitor prvního tranzistoru odporem  $R_{94}$  (trimr 68  $\Omega$ ).

padě se sice zvětší citlivost zesilovače, jeho kmitočtový průběh však pro určený účel nevyhovuje. Proto zpětné vazby zavedeme a volíme základní citlivost menší (v našem případě 3 mV). Celkové zesílení zesilovače upravíme odporovým trimrem  $R_{94}$ .

Základní citlivost je tedy 3 mV. Chceme-li měřit nf napětí větších amplitud, musíme na vstup zesilovače zařadit odporový dělič. Je to druhá část nf milivoltmetru; schéma děliče je na obr. 73.

Jednotlivé rozsahy milivoltmetru volíme takto: 3 – 30 – 300 mV – 3 – 30 V. Ke každému rozsahu (kromě prvního, základního) přiřadíme samostatný dělič. Toto řešení je výhodné, neboť každý rozsah můžeme cejchovat nezávisle na druhém, aniž ovlivňujeme nebo rozladujeme druhé rozsahy.





Obr. 73. Vstupní dělič nf milivoltmetru

Pro přibližný výpočet členů kombinovaného děliče vycházíme ve všech případech ze základního rozsahu – napětí  $U_z = 3 \text{ mV}$ . Předřadný odpor  $R_p$  volíme v souladu s volenou vstupní impedancí, tj.  $R_p = 330 \text{ k}\Omega$ .

Odpory  $R_x$  vypočítáme úměrou ze vztahu

$$R_x = \frac{R_p U_z}{U_v} \quad [\text{k}\Omega; \text{k}\Omega, \text{mV}].$$

Pro rozsah  $U_v = 30 \text{ V}$  je tedy

$$R_{x4} = \frac{330 \cdot 3}{30\,000} = \frac{990}{30\,000} = 0,033 \text{ k}\Omega = 33 \Omega.$$

Jako  $R_{x4}$  volíme drátový miniaturní trimr  $47 \Omega$ .

Pro rozsah  $3 \text{ V}$  bude odpor  $R_{x3}$  (jak je zřejmé bez počítání) 10krát větší, tj.  $330 \Omega$ . Volíme odporový trimr  $470 \Omega$ . Pro rozsah  $300 \text{ mV}$  musíme již počítat s vlivem vstupní impedance tranzistoru  $T_{11}$  (asi  $R_{tr} = 0,1 \text{ M}\Omega$ ), neboť ta se již na tomto rozsahu bude uplatňovat. Pro střídavý proud je tato impedance připojena přes kondenzátor  $C_{23}$  paralelně k odporu  $R_x$  a zmenšuje tedy jeho výslednou hodnotu. Musíme proto s tímto faktem počítat a další odpory  $R_x$  budeme počítat podle upraveného vztahu

$$R_x = \frac{R_p R_{tr} U_z}{R_p U_z + R_{tr} U_z - R_{tr} U_v} \quad [\text{k}\Omega; \text{k}\Omega, \text{mV}].$$

Dosadíme-li do tohoto vztahu známé a volené veličiny  $R_p = 330 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{tr} = 100 \text{ k}\Omega$  a  $U_z = 3 \text{ mV}$ , můžeme vztah pro náš případ upravit takto

$$R_x = \frac{330 \cdot 100 \cdot 3}{330 \cdot 3 + 100 \cdot 3 - 100 U_v} = \frac{99\,000}{1\,290 - 100 U_v}.$$

Pro rozsah  $300 \text{ mV}$  bude tedy

$$R_{x2} = \frac{99\,000}{1\,290 - 30\,000} = \frac{99\,000}{-28\,710} = 3,45 \text{ k}\Omega.$$

Volíme pevný odpor  $2,2 \text{ k}\Omega$  a odporový trimr  $2,2 \text{ k}\Omega$ .

A konečně pro rozsah  $30 \text{ mV}$  bude

$$R_{x1} = \frac{99\,000}{1\,290 - 3\,000} = \frac{99\,000}{-1\,710} = 58 \text{ k}\Omega.$$

Volíme pevný odpor  $47 \text{ k}\Omega$  a odporový trimr  $22 \text{ k}\Omega$ .

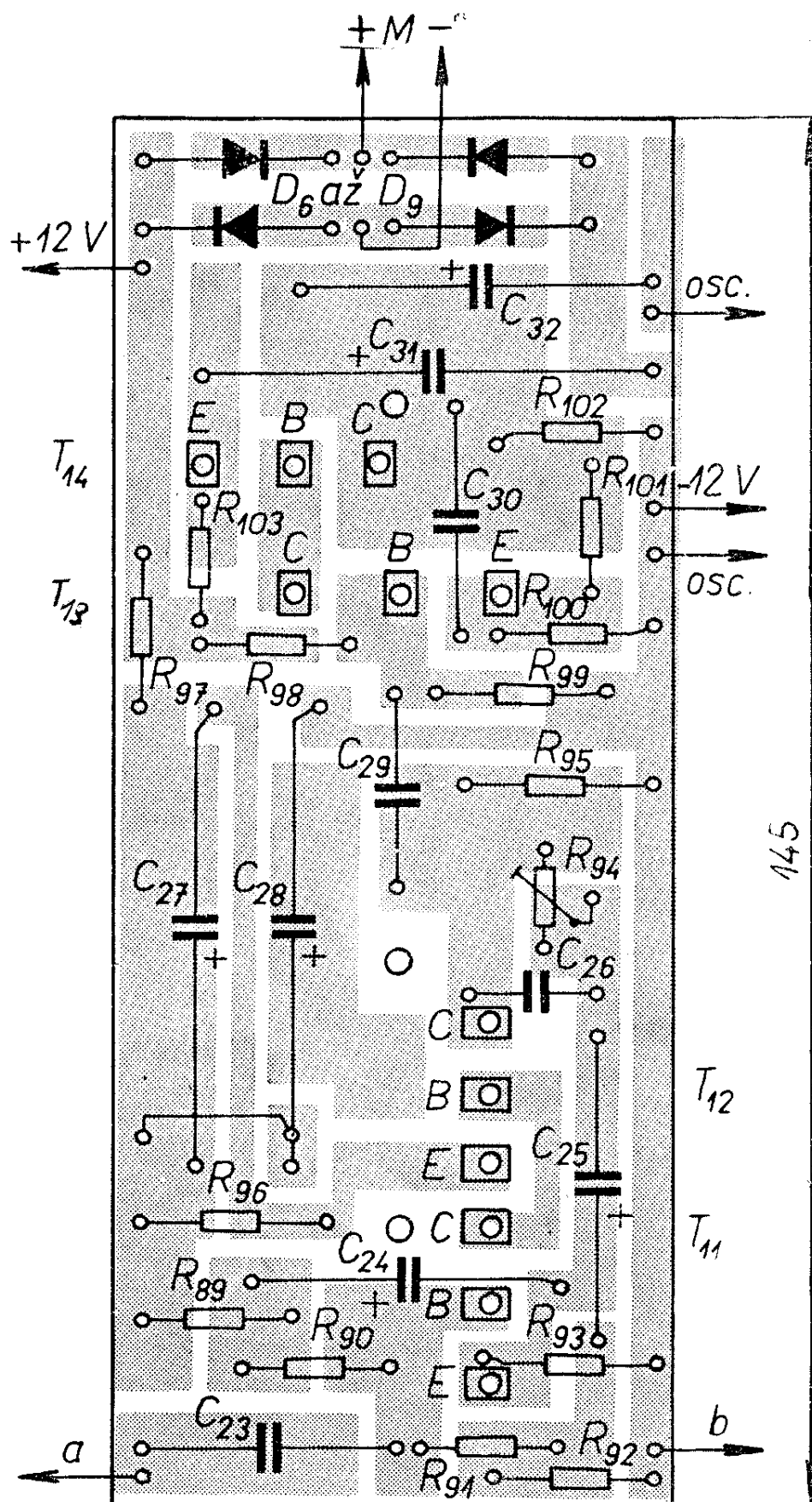
Všechny pevné odpory volíme pro zatížení  $0,1 \text{ W}$  (vzhledem k malé vlastní kapacitě miniaturních odporů).

Třetí a poslední částí přístroje je polovodičový usměrňovač v můstkovém zapojení, na jehož výstupu měříme usměrněné napětí měřidlem, které je k milivoltmetru (vlastně k jeho zesilovači) připojeno konektorem  $K_3$ .

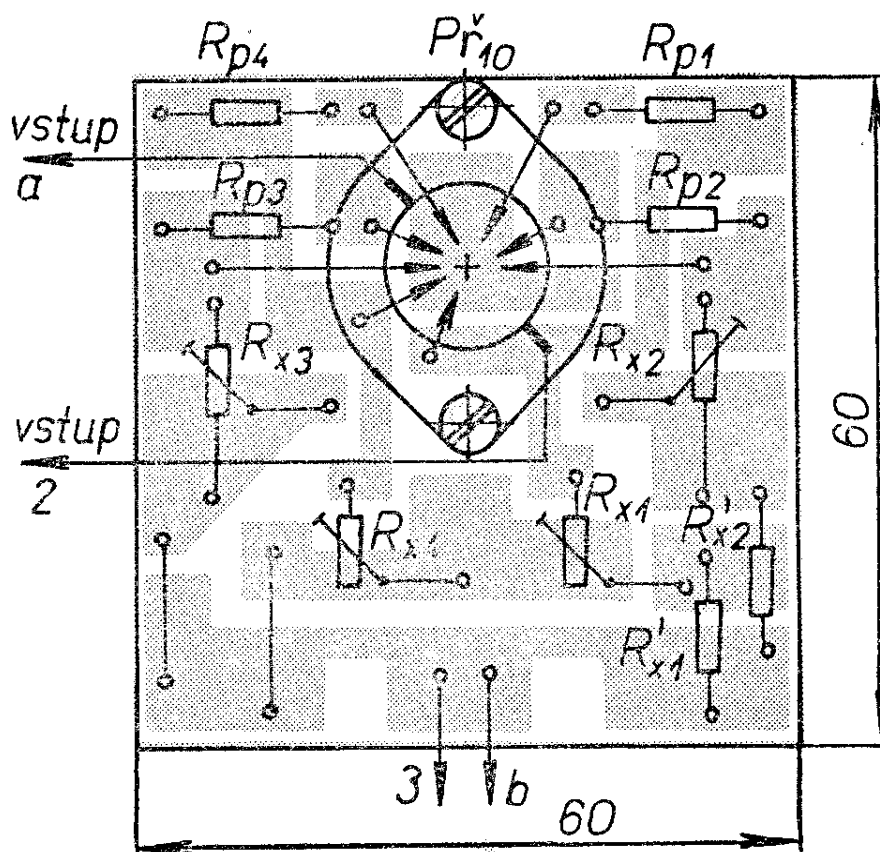
Z kolektoru koncového tranzistoru  $T_{14}$  je měřený nf signál vyveden přes kondenzátor  $C_{32}$  na zdířku. Spojíme-li tuto zdířku se vstupem osciloskopu, můžeme průběh měřeného napětí sledovat na stínítku obrazovky.

#### Použité součástky a stavba

Vlastní zesilovač je na desce s plošnými spoji  $D_8$  podle obr. 74. Vstupní dělič včetně přepínače je na destičce  $D_9$  podle obr. 75. Destička  $D_9$  je k desce zesilovače připevněna současně s přepínačem  $P_{r10}$ , takže tvoří kompaktní celek. Při spojo-



Obr. 74. Deska s plošnými spoji  $D_8$



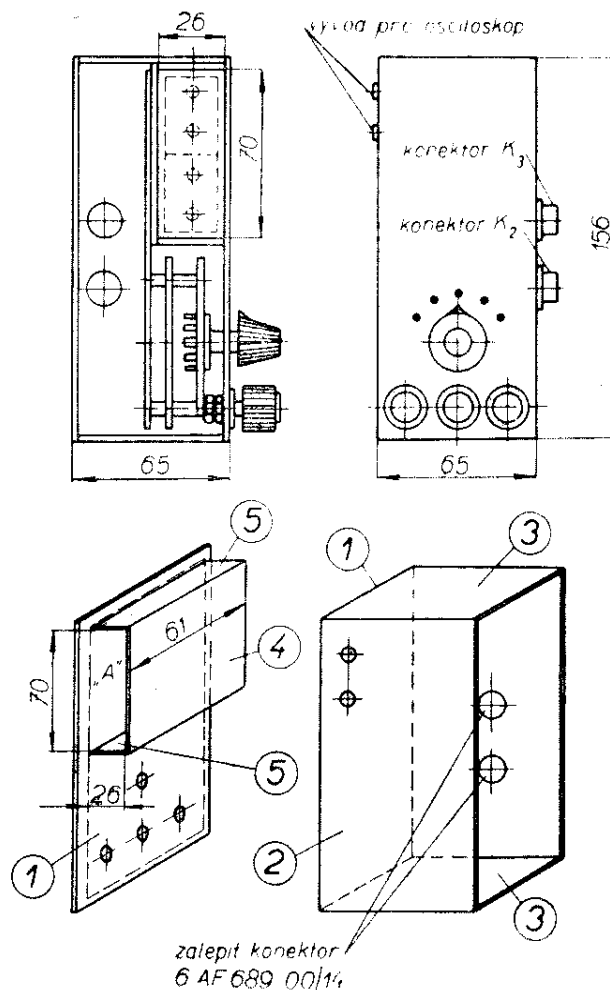
Obr. 75. Deska s plošnými spoji  $D_9$

vání obou destiček vložíme mezi ně izolační podložky tloušťky asi 4 až 5 mm. Obě destičky  $D_8$  a  $D_9$  jsou pak připevněny do skříňky ze sklolaminátových nebo texgumoidových desek o rozměrech  $156 \times 65 \times 65$  mm. Celkové sestavení je zřejmé z obr. 76.

Jednotlivé díly skříňky jsou:

- 1 – (2 ks), dno a čelní deska, rozměr  $156 \times 72$ , tl. 2 mm,
- 2 – (2 ks), obě bočnice, rozměr  $156 \times 65$ , tl. 2 mm,
- 3 – (2 ks), horní a dolní stěna, rozměr  $65 \times 65$ , tl. 2 mm,
- 4 – (1 ks), čelo držáku baterií, rozměr  $65 \times 70$ , tl. 2 mm,
- 5 – (2 ks), bočnice držáku baterií, rozměr  $65 \times 26$ , tl. 2 mm.

Skříňku slepíme epoxidovým tmelem, zabrousíme a opět pro lepší vzhled polepíme knihařským plátnem. Vnitřek skříňky vylepíme stínicí hliníkovou fólií. Fólii galvanicky spojíme se společným vodičem zesilovače a vstupního děliče – vodič „b“.



Obr. 76. Skříňka nf milivoltmetru

Na čelní plochu v konečné fázi přilepíme štítek s popisem, který přestříkáme zaponovým lakem. Nad přepínač můžeme narýsovat porovnávací stupnici, kterou získáme při cejchování přístroje.

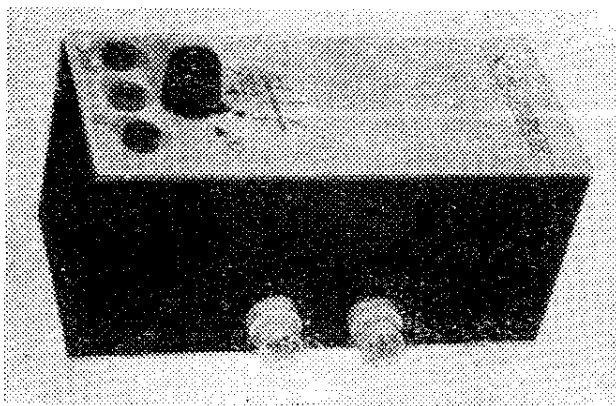
Vzhled celého přístroje je zřejmý z obr. 77. Obě napájecí baterie po 6 V jsou uloženy v horním odděleném prostoru, označeném na obr. 76 „A“. Oba zdroje jsou spojeny do série, abychom získali potřebných 12 V pro napájení zesilovače. Na pravé straně skříňky jsou zalepeny epoxidovým tmelem dva konektory, kterými se přístroj zapíná a připojuje k měřidlu v základním přístroji. Na levé straně skříňky jsou dvě zdířky jako vývod pro osciloskop.

#### *Uvedení do provozu a cejchování*

Celý přístroj je na plošných spojích, pravděpodobnost chyby v zapojení je nepatrná. Jen při zapojování přepínače dáváme pozor, aby jednotlivé rozsahy na sebe správně navazovaly.

K vlastnímu cejchování potřebujeme nf generátor a dobře ocejchovaný nf milivoltmetr, který si pro tuto konečnou fázi práce musíme vypůjčit. Přístroj můžeme též cejchovat v radioklubu, jenž vlastní potřebná tovární měřidla.

Postup při cejchování bude tento: do výstupu našeho nf generátoru RC zasuneme útlumový článek. Nastavíme na nf generátoru kmitočet 1 kHz a výstupní napětí na výstupu útlumového článku 3 mV. Napětí kontrolujeme na paralelně připojeném kontrolním milivoltmetru.



Obr. 77. Vzhled nf milivoltmetru

Nf napětí přivedeme na náš milivoltmetr na zdířku 1. Přepínač  $P\check{r}_{10}$  musíme vytáhnout, aby byl vyřazen z činnosti vstupní dělič. Nyní trimrem  $R_{94}$  zavedeme v zesilovači tak velkou zpětnou vazbu, aby měřidlo ukazovalo plnou výchylku. Stále kontrolujeme údaj na kontrolním přístroji a popřípadě upravíme velikost napětí z nf generátoru. Pak zasuneme přepínač  $P\check{r}_{10}$  do polohy 30 mV, signál přivedeme do zdířky 2, zvětšíme napětí nf generátoru na 30 mV (kontrolujeme na kontrolním milivoltmetru) a odporovým trimrem  $R_{x1}$  nastavíme opět plnou výchylku měřidla. Stejným způsobem cejchujeme všechny zbývající rozsahy a všechny odporové trimry zajistíme proti pootočení nitrolakem.

Ke čtení nf napětí budeme používat na měřidle nejhořejší stupnici s dělením 0 až 30. Protože však stupnice pro měření nf napětí není lineární, musíme si zhotovit porovnávací stupnici, kterou nejlépe (jak již bylo uvedeno), narýsujeme na štítek nad přepínač  $P\check{r}_{10}$ . Postupujeme stejně, jako při cejchování stupnice střídavého tranzistorového voltmetru. Je výhodné si vedle takto získané stupnice vyvést i stupnici v dB.

Linearitu stupnice můžeme zlepšit, zatížíme-li výstup usměrňovacího můstku odporem 1 až 5 k $\Omega$ . Zmenší se tím sice citlivost, avšak můžeme najít takovou optimální hodnotu odporu, při níž bude při dostatečné citlivosti i vhodná velikost zpětné vazby v zesilovači.

#### *Seznam součástí*

Odporů:  $R_{89} - 10 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{90} - 2,2 \text{ M}\Omega$ ,

$R_{91}$  a  $R_{92} - 10 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{93} - 470 \Omega$ ,

$R_{94} - 68 \Omega$ , drátový potenciometr,

$R_{95} - 3,3 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{96} - 2,2 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{97}$  a  $R_{98} - 470 \Omega$ ,

$R_{99} - 22 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{100} - 220 \Omega$ ,

$R_{101}$  a  $R_{102} - 2,2 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{103} - 470 \Omega$ .

Odporů vstupního děliče:

$R_{p1}$  až  $R_{p4} - 4$  odpory  $0,33 \text{ M}\Omega/0,1 \text{ W}$ ,

$R_{x1} - 47 \text{ k}\Omega/0,1 \text{ W}$  a odporový trimr  $22 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{x2} - 2,2 \text{ k}\Omega/0,1 \text{ W}$  a odporový trimr  $2,2 \text{ k}\Omega$ ,

$R_{x3} -$  odporový trimr  $470 \Omega$ ,

$R_{x4} - 47 \Omega$  drátový potenciometr, miniaturní

Kondenzátory:  $C_{23} - 0,1 \mu\text{F}/160 \text{ V}$ ,  
 $C_{24} - 5 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_{25} - 0,5 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_{26} - 300 \text{ pF}$ , slídový,  
 $C_{27}$  a  $C_{28} - 200 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_{29} - 1 \mu\text{F}/160 \text{ V}$ ,  
 $C_{30} - 10 \text{ nF}/160 \text{ V}$ ,  
 $C_{31} - 200 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ ,  
 $C_{32} - 1 \mu\text{F}/12 \text{ V}$ .

Přepínač:  $P_{10} - 2 \times 4$  polohy.

Tranzistory:  $T_{11}$  a  $T_{13} - 104\text{NU}70$ ,

$T_{12}$  a  $T_{14} - 0\text{C}71$ .

Diody:  $D_6$  až  $D_9 - 1\text{NN}41$  nebo podobné (GA201 atd.).

Napájecí baterie:  $B_{10}$  a  $B_{11} - \text{typ } 71\text{D}$ , 6 V.

Ostatní materiál: 3 přístrojové svorky,  
 1 knoflík menšího průměru,  
 2 izolované zdíčky,  
 2 konektorové vidlice 6AF 895 42/55  
 nebo 6AF 895 00/14.  
 2 destičky s pružinami pro připojení  
 zdroje.

### Literatura

- [1] Hyan, J. T.: Nf milivoltmetr. AR 9/61.
- [2] Hyan, J. T.: Měření a sladování amatérských přijímačů. SNTL: Praha 1966.
- [2] Vackář, J.: Tranzistorový nf generátor. SNTL: Praha 1966.
- [4] Čermák, J.: Měřicí přístroje s tranzistory. RK 2/68.

## Tranzistorový sací měřič

### Technické vlastnosti

Přístroj je možno použít jako:

- a) sací měřič,
- b) signální generátor,
- c) absorpční vlnoměr,
- d) záznejový vlnoměr.

Přístroj je možno modulovat vnějším zdrojem a lze k němu připojit kontrolní sluchátka. Z přístroje je možno odebírat modulovaný i nemodulovaný vf signál.

Kmitočtové rozsahy při pěti různých cívkách  $L$  jsou:

1. 400 kHz až 1 MHz,
2. 1 MHz až 2,5 MHz,
3. 2,5 MHz až 6 MHz,
4. 6 MHz až 15 MHz,
5. 12 MHz až 30 MHz.

Citlivost indikátoru lze řídit.

Rozměry přístroje:  $72 \times 92 \times 28 \text{ mm}$ .

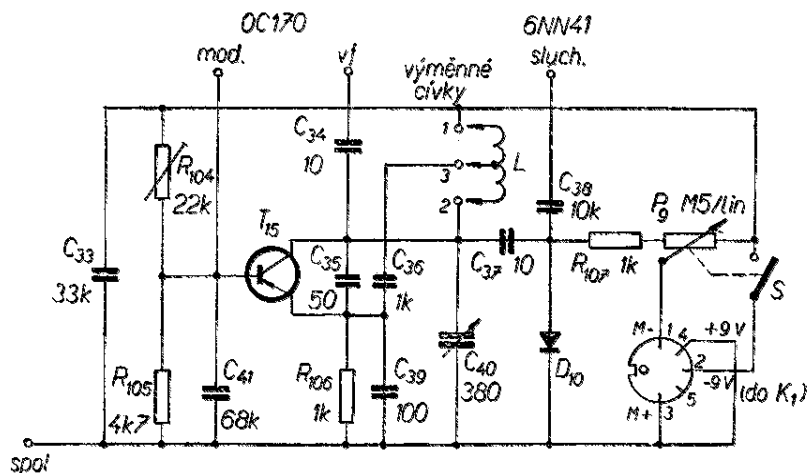
### Volba a popis zapojení

Možnosti použití, vyjmenované v předchozím odstavci, jasně mluví pro stavbu tohoto přístroje, jenž je jedním z nejpoužívanějších v praxi radioamatéra.

Schéma přístroje je na obr. 78. Měřicí přístroj je osazen jedním vf tranzistorem 0C170, jenž má dostatečný vysoký mezní kmitočet, nutný k uspokojivé funkci. Tranzistor 0C170 umožňuje použití přístroje až do kmitočtu 60 MHz, často (je-li tranzistor jakostní) až do vyšších kmitočtů.

Co do funkce se přístroj skládá ze dvou částí, a to z oscilátoru a z indikátoru. Jako indikátor použijeme měřidlo základního přístroje, jež spojíme se sacím měřičem čtyřpramenným kablíkem, jímž současně přivádíme napájecí napětí 9 V. Napájecí napětí odebíráme z kolíku 4 a 5 konektoru  $K_1$ . Měřidlo je připojeno ke kolíkům 1 (záporný pól) a 3 (kladný pól) téhož konektoru. Vytážením konektorové zástrčky se přístroj vypíná.

Z popisu sacího měřiče je zřejmé, že musíme stavět jen jeho první část, oscilátor. Druhou část máme již hotovou v základním měřiči. Oscilátor kmitá na kmitočtu určeném indukčností výměnné



Obr. 78. Schéma tranzistorového sacího měřiče

cívky  $L$  a kapacitou otočného kondenzátoru  $C_{40}$ . Vysokofrekvenční napětí se odebírá z kolektoru tranzistoru  $T_{15}$  a usměrňuje za oddělovacím kondenzátorem  $C_{37}$  diodou  $D_{10}$ . Přes odpor  $R_{107}$  a potenciometr  $P_9$  se usměrněné napětí přivádí k měřidlu. Potenciometrem  $P_9$  nastavujeme takovou velikost výchylky ručky měřidla, aby její zmenšení (při rezonanci) bylo znatelné (výchylka se volí obvykle asi ve 2/3 délky stupnice).

Přiblížíme-li cívku obvodu  $LC_{40}$  oscilátoru k jinému obvodu  $LC$  naladěnému na tentýž kmitočet, odsaje tento obvod část vf energie. Amplituda kmitů oscilátoru se zmenší, tím se zmenší i výchylka ručky měřidla, popř. (při vysazení kmitů) klesne až na nulu.

Ze schématu je zřejmé, že cívka  $L$  má odbočku (kolík 3), jež je připojena přes kondenzátor  $C_{36}$  na emitor tranzistoru  $T_{15}$ . Tato úprava cívky usnadňuje rozkmitání oscilátoru i na kmitočtech kolem 500 kHz. Na cívkách určených pro kmitočet vyšší než 2 MHz tuto odbočku již nepoužíváme.

Aby se mohl používat tento přístroj i jako vf generátor, je kolektor tranzistoru vyveden přes kondenzátor  $C_{34}$  na zdířku, z níž můžeme vf signál odebírat. Abychom mohli současně vf signál modulovat a tím ho učinit slyšitelným, lze na bázi tranzistoru  $T_{15}$  přivádět nf modulační signál.

Chceme-li přístroj proměnit na záznamový vlnoměr, musíme mít výstup pro sluchátka. Výstup pro sluchátka je vyveden na zdířku (v pořadí již třetí) přes kondenzátor  $C_{38}$ .

Použijeme-li přístroj jako absorpční vlnoměr, vypínáme napájení oscilátoru spínačem spřaženým s potenciometrem  $P_9$ .

Čtvrtá a poslední zdířka na přístroji je společný vývod; pro některé účely je vhodné společný vývod zdvojit.

#### *Použité součástky a stavba*

Jako ladící kondenzátor použijeme miniaturní typ Tesla WN 704 00 se styroflexovým dielektrikem a s kapacitou 380 pF. Jeho minimální kapacita včetně kapacity spojů, tranzistoru atd. je asi 50 až 70 pF.

To znamená, že poměr ladících kapacit je přibližně 2,5 : 1. Zvolené kmitočtové pásmo 400 kHz až 30 MHz můžeme proto rozdělit do pěti dílčích pásem. Výměnné cívky  $L$  vestavíme do tříkolíkových konektorů typu 6AF 895 10. Není to řešení nejlevnější, je však elegantní a vyžaduje minimální úpravy. Nemusíme pracně vyrábět ani tělíska cívek, ani jejich kryty. Úprava spočívá v odříznutí kovového držáku v konektorové zásuvce, k němuž obvykle upevňujeme vodič a kryt. Otvor v krytu zvětšíme na  $\varnothing$  10 mm. Do tohoto otvoru zasuneme těsně kostičku cívky o  $\varnothing$  10 mm. Předem ji však zkrátíme tak, aby se do krytu vešla. Vývody cívky připájíme na očka konektoru. Po doladění cívky na správnou indukčnost oba díly slepíme dohromady. Pro první a druhý rozsah kmitočtů použijeme pro doladění indukčnosti cívek jádra, u dalších rozsahů musíme indukčnost nastavovat změnou počtu závitů.

#### *Výpočet výměnných cívek*

Indukčnost výměnných cívek vypočteme informativně podle upraveného Thomsonova vzorce

$$L = \frac{25\,330}{f^2 C} \quad [\mu\text{H}; \text{MHz}, \text{pF}].$$

Kapacita kondenzátoru je  $C_{\max} = 380 \text{ pF}$ ,  $C_{\min} = 60 \text{ pF}$ . Doporučuji změřit přesně obě kapacity, ovšem až po sestavení přístroje (kapacity spoju!).

Pro maximální (volený) kmitočet prvního rozsahu  $f_{\max} = 1 \text{ MHz}$  bude potřebná indukčnost výměnné cívky  $L_1$

$$L_1 = \frac{25\,330}{1 \cdot 60} = 423 \mu\text{H}.$$

Při této indukčnosti cívky  $L_1$  a při  $C_{\max} = 380 \text{ pF}$  bude

$$f_{1 \min} = \frac{25\,330}{LC} = \frac{25\,330}{423 \cdot 380} = \frac{25\,330}{160\,740} = 0,397 \text{ MHz} = 397 \text{ kHz}.$$

Podobně můžeme pokračovat ve výpočtu ostatních cívek.

Určení počtu závitů cívek výpočtem je obtížné a málokdy přesné, proto je nutno postupovat zkusmo. Navineme proto jednotlivé cívky dílčích rozsahů takto:

400 kHz až 1 MHz 200 závitů drátu o  $\varnothing$  0,1 mm CuP, odbočka na 300. závitu.  
Indukčnost cívky přibližně 420  $\mu$ H.

1 MHz až 2,5 MHz 125 závitů drátu o  $\varnothing$  0,2 mm CuP, odbočka na 15. závitu.  
Indukčnost cívky přibližně 65  $\mu$ H.

2,5 MHz až 6 MHz

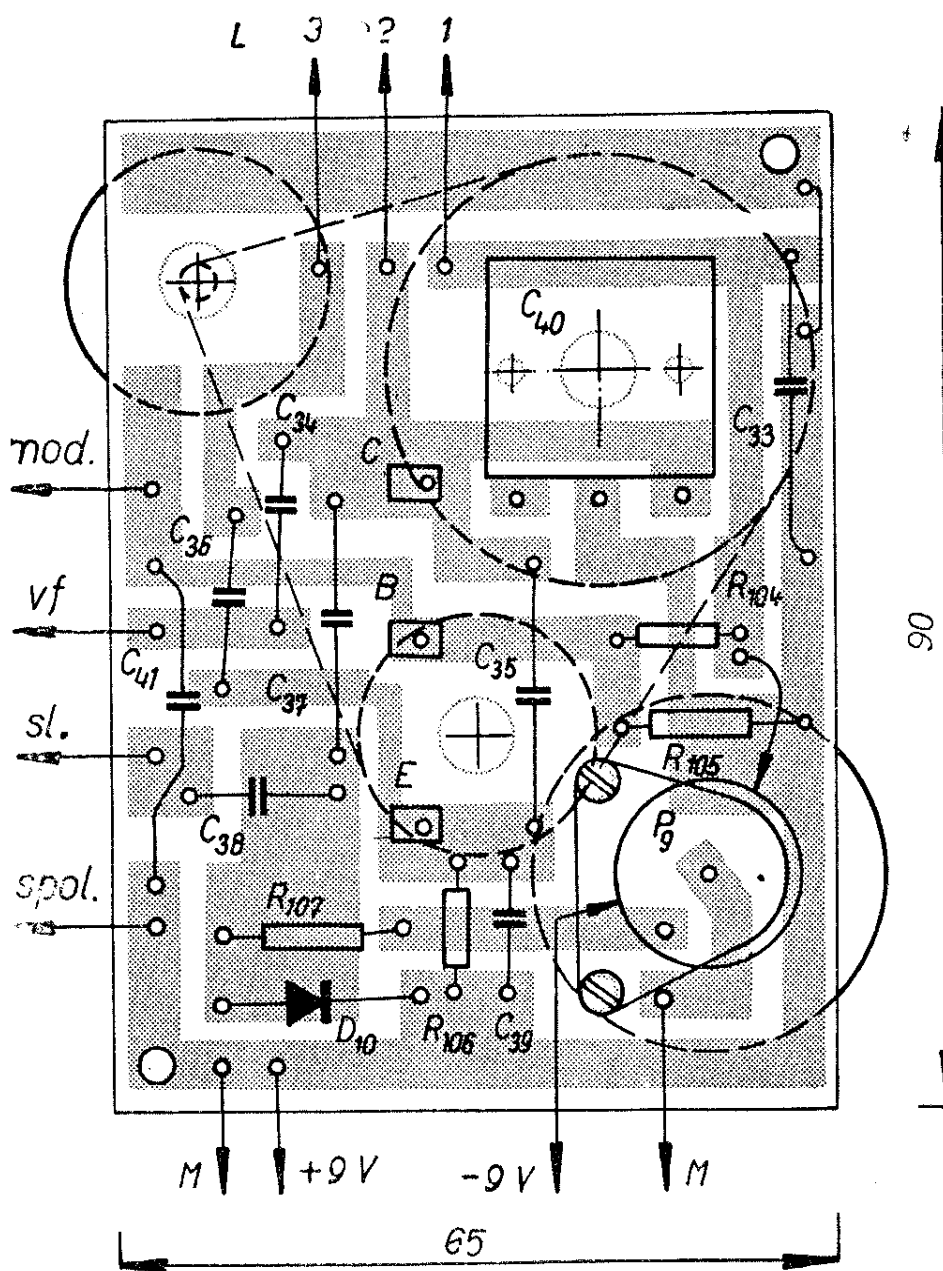
45 závitů drátu o  $\varnothing$  0,3 mm CuP bez odbočky, popř. s odbočkou na 6. závitu.  
Indukčnost cívky přibližně 10  $\mu$ H.

6 MHz až 15 MHz

18 závitů drátu o  $\varnothing$  0,6 mm CuP bez odbočky, popř. s odbočkou na 2. závitu.  
Indukčnost cívky přibližně 1,8  $\mu$ H.

12 MHz až 30 MHz

10 závitů drátu o  $\varnothing$  1 mm CuP nebo CuAg bez odbočky.  
Indukčnost cívky přibližně 0,5  $\mu$ H.



Obr. 79. Deska s plošnými spoji  $D_{10}$

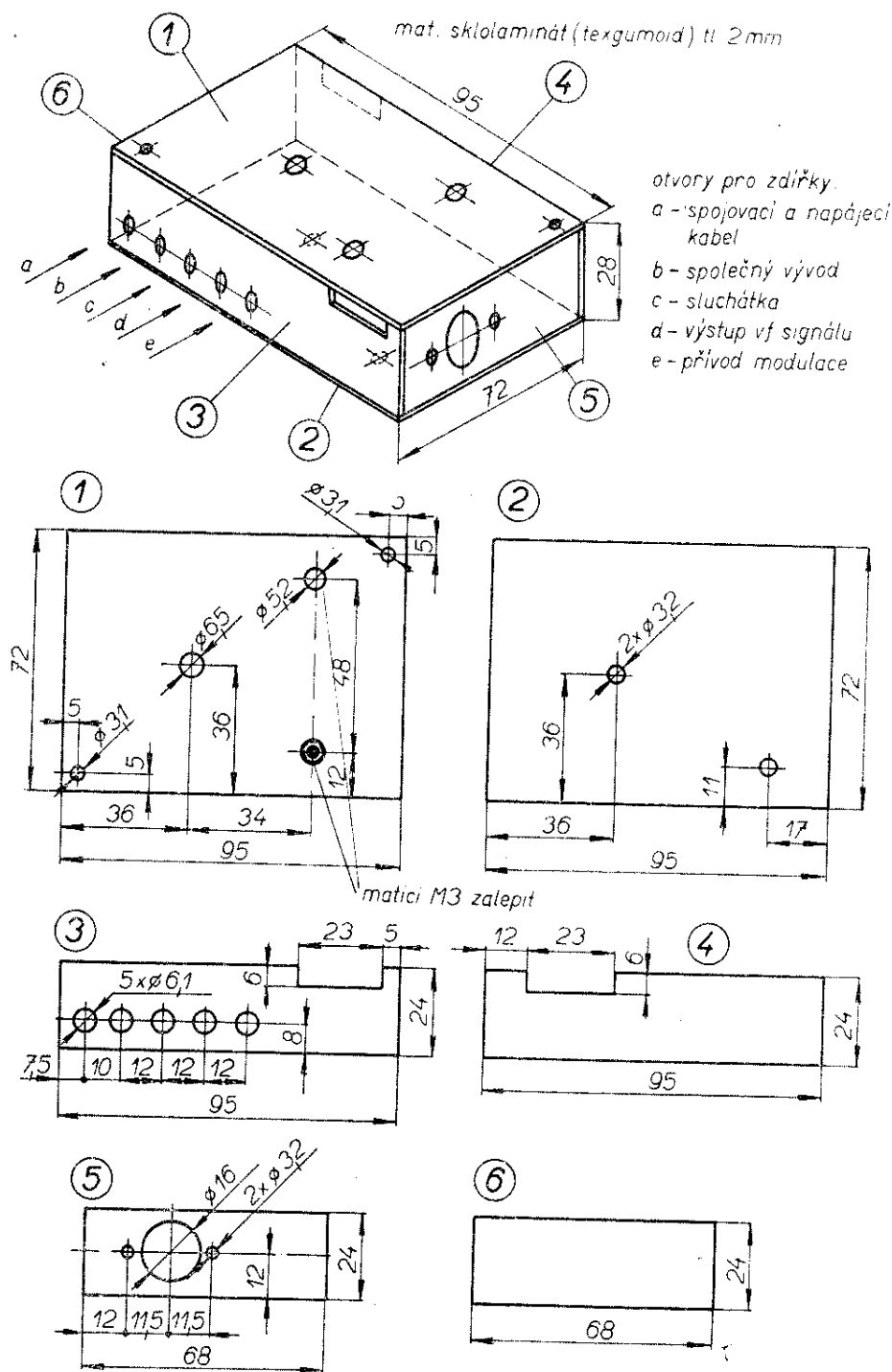
Po navinutí cívek kontrolujeme na můstku  $RLC$  jejich indukčnost a popřípadě upravíme počet závitů tak, aby cívka měla vypočtenou indukčnost. U prvních dvou cívek nezapomeňme na možnost upravit indukčnost cívky jádrem.

Všechny odpory a kondenzátory sacího měřiče jsou miniaturní typy. Potenciometr  $P_9$  je miniaturní typ se spínačem a je zapojen tak, aby při vypnutí spínači  $S$  měl minimální odpor.

Vlastní přístroj je na destičce s plošnými spoji  $D_{10}$ . Umístění jednotlivých součástek je zřejmé z obr. 79. Jak ladění, tak regulaci citlivosti přístroje ovládáme vně skříňky.

### Mechanické díly

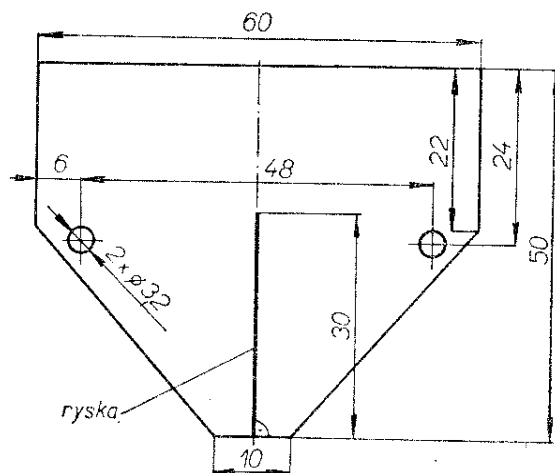
Destička  $D_{10}$  je ve skřínce, jejíž rozměry jsou na obr. 80. Skříňka je slepena ze sklolaminátových desek tloušťky



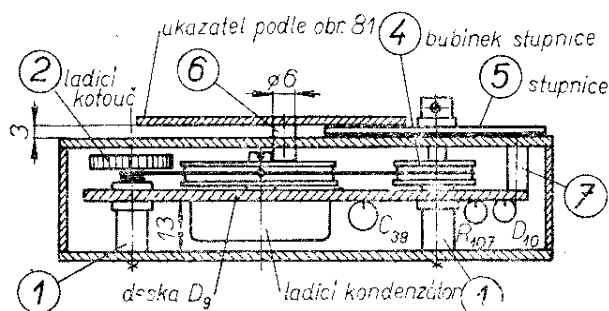
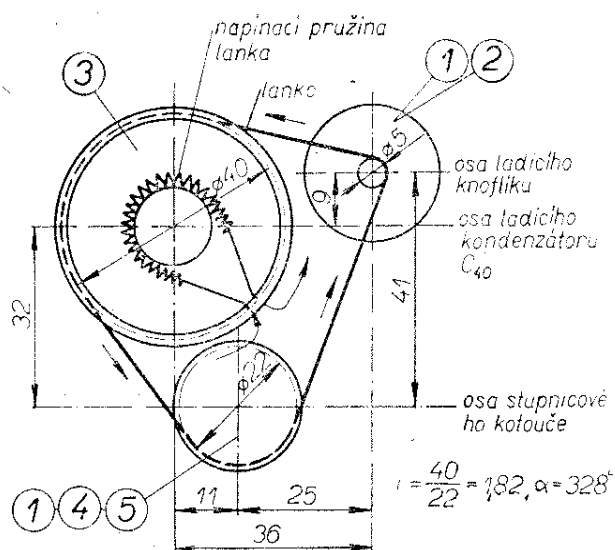
Obr. 80. Skříňka sacího měřiče



poz. 3 a 4 (2 ks) – 68 × 24 mm (obě čela  
skříňky),



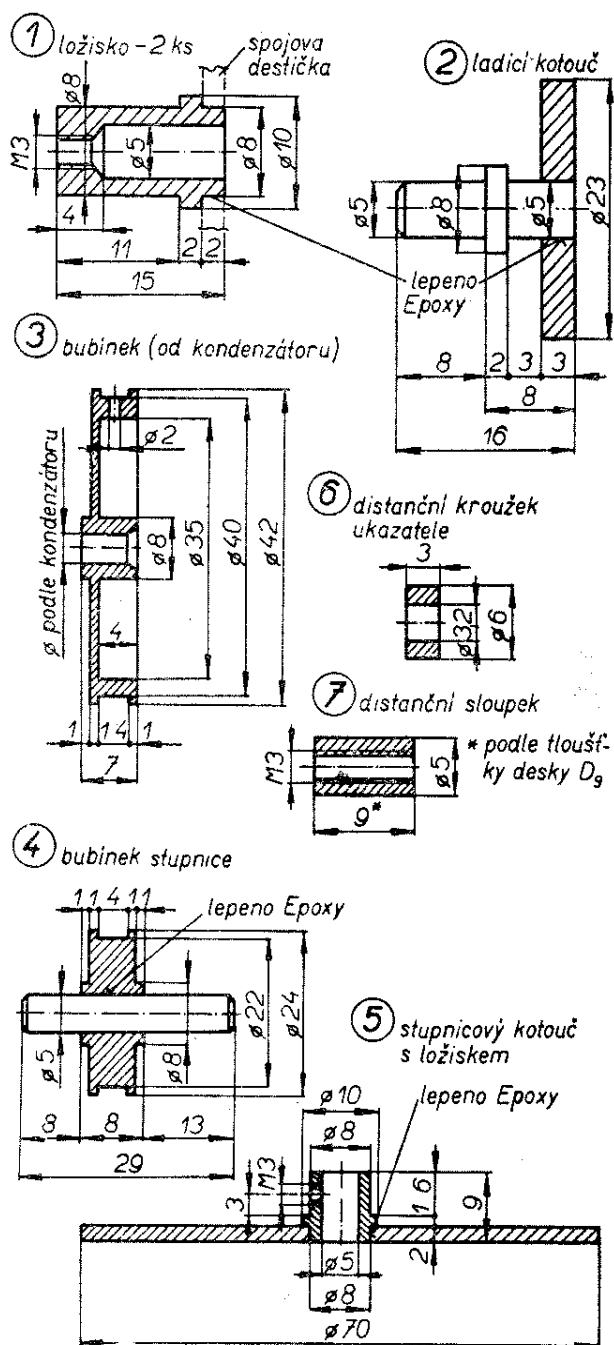
*Obr. 81. Ukazatel stupnice*



Obr. 82. Schéma a řez ladicím převodem

Vyvrátíme potřebné otvory, uděláme zářezy podle obr. 80 a díly 2 až 6 slepíme epoxidovým tmelem. Díl 1 je víko, na kterém je připevněn ukazatel podle obr. 81. Ukazatel podložíme distančními kroužky poz. 6 (obr. 82 a 83).

Vzhledem k tomu, že je skříňka malých rozměrů a stupnice dlouhá pouze



*Obr. 83. Mechanické díly ladicího převodu*

180° by byla poměrně nepřehledná, je sací měřič vybaven ladicím převodem. Schéma převodu je na obr. 82. Jednotlivé mechanické díly jsou pak rozkresleny na obr. 83.

Obě ložiska (poz. 1) zalepíme do desky s plošnými spoji a to na stejnou stranu, kde jsou umístěny součástky přístroje. Deska je pomocí těchto ložisek připevněna do skříňky šroubky M3, procházejícími dnem skříňky. Destička je do skříňky připevněna součástkami dovnitř. Po připevnění destičky nasuneme do horního ložiska (u konektoru cívek) ladicí kotouč (poz. 2). Na hřídel kondenzátoru připevníme šroubkem bubínek (poz. 3) a do ložiska uprostřed skříňky nastrčíme hřídel se stupnicovým bubínkem (poz. 4). Otvorem bubínku (poz. 3) provlékneme lanko stupnice, připevníme k pružince a zavedeme v naznačeném směru. Vyzkoušíme, zda převod má hladký a bezpečný chod a můžeme skříňku uzavřít víčkem (poz. 1). Víčko připevníme dvěma šroubky M3 do distančních sloupků (poz. 7); sloupky jsou připevněny k destičce s plošnými spoji. Pak nasuneme na hřídelku stupnicového kotoučku stupnicový kotouč (poz. 5) a zajistíme ho proti

posunutí červíkem M3, jenž je umístěn v ložisku kotouče.

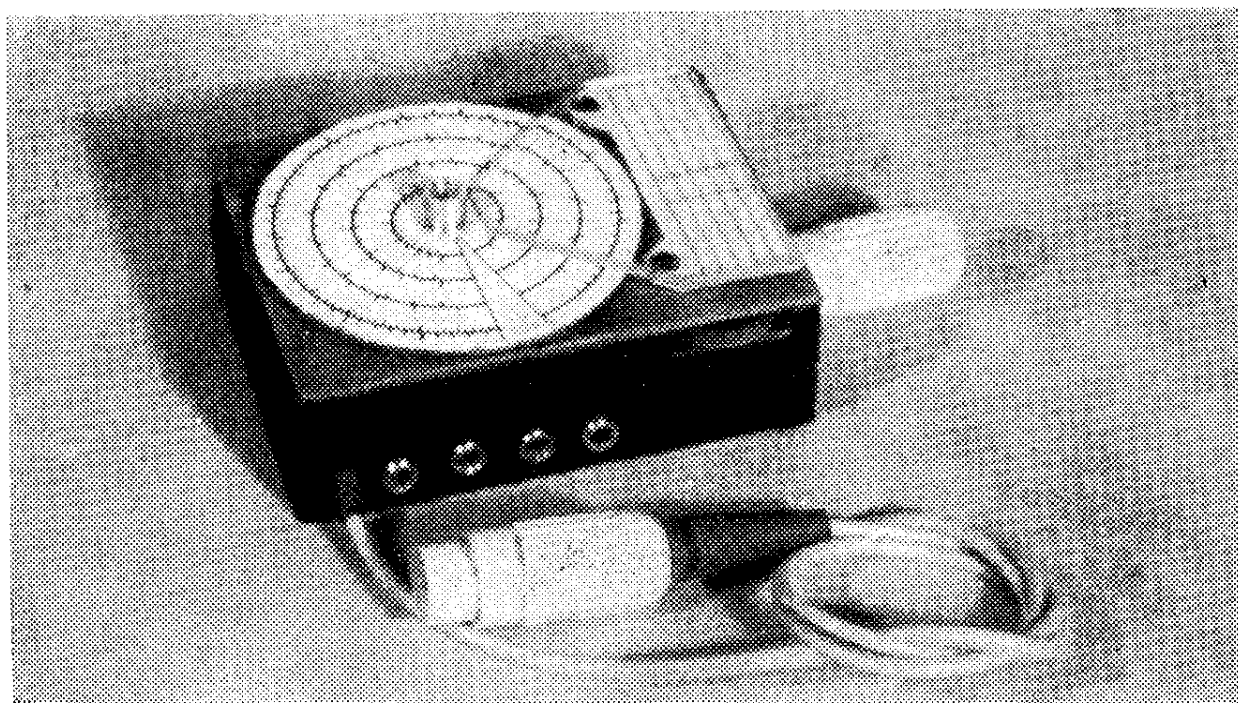
Jednotlivé mechanické díly zhotovíme z těchto materiálů: hřídele z ocele, ložiska z mosazi, bubínky a ladicí kotouč ze sklo-laminátu, ložisko stupnicového kotouče z duralu nebo hliníku.

Celkový vzhled sacího měřiče (s ne-ocejchovanou stupnicí) je zřejmý z obr. 84.

#### *Uvedení do provozu a cejchování*

Po osazení destičky s plošnými spoji  $D_0$  všemi součástkami můžeme vyzkoušet, zda přístroj pracuje. Konektor přírodního kablíku zasuneme do konektoru  $K_1$  základního přístroje, čímž připojíme jak napájecí zdroj, tak i měřidlo. Zasuneme některou z cívek do zdírek 1, 2, 3 a sledujeme měřidlo. Vychýlí-li se jeho ručka, je to důkaz, že oscilátor kmitá. V opačném případě musíme změnit polohu odbočky na cívce. Doporučuji proto navíjet cívky až po úplném sestavení přístroje, aby se nemusely hotové cívky převíjet.

Nesmí nás překvapit, že se amplituda kmitů oscilátoru (tj. výchylka měřidla) bude měnit s polohou ladicího kondenzátoru. Je to způsobeno různými vlivy,



Obr. 84. Vzhled sacího měřiče

např. změnou činitele jakosti laděného obvodu při značném rozsahu rezonančních kmitočtů. Změna amplitudy se vyrovnává vestavěným potenciometrem  $P_9$ .

### Cejchování přístroje

Cejchování je poměrně složité. Nejideálnější by bylo cejchovat přístroj pomocí přesného komunikačního přijímače (např. Lambda V apod.). Tak bychom dosáhli přesného ocejchování.

Méně přesné je cejchování pomocí továrního sacího měřiče sací metodou. Pro první případ použijeme volnou vazbu s přijímačem – vedle výměnné cívky našeho sacího měřiče volně položíme drát, jehož druhý konec zasuneme do antény přijímače. Změnou počtu závitů cívky  $L$  upravíme indukčnosti jednotlivých cívek tak, aby se jednotlivé rozsahy měřiče překrývaly. Pak si na stupnicový kotouč nalepíme libovolnou dostatečně hustou lineární stupnici a stejným způsobem jakým jsme cejchovali nf generátor si zhotovíme stupnice jednotlivých kmitočtových rozsahů, a to pro každou výměnnou cívku zvlášť. Na základě získaných údajů zhotovíme stupnice ve větším měřítku, popíšeme, ofotografujeme a známým způsobem získáme definitivní stupnici, kterou nalepíme na stupnicový kotouč.

V druhém případě necháme náš sací měřič kmitat a cejchovaným absorpčním vlnoměrem zjišťujeme krajní kmitočty jednotlivých rozsahů. Dále postupujeme tak, že vypočítáme indukčnosti cívek a v případě potřeby je upravíme. Úpravy cívek a zhotovování definitivní stupnice je stejné jako při cejchování sacího měřiče pomocí komunikačního přijímače.

Nejvýhodnějším postupem při cejchování je sloučit oba dva způsoby tak, že vypůjčeným sacím měřičem nejprve zhruba změříme rozsahy jednotlivých cívek, provedeme případné úpravy a pak na komunikačním přijímači ocejchujeme vlastní přístroj.

### Seznam součástí

**Odporů:**  $R_{104}$  – trimr 22 k $\Omega$ ,  
 $R_{105}$  – 4,7 k $\Omega$ ,

$R_{106}$  – 1 k $\Omega$ ,  
 $R_{107}$  – 1 k $\Omega$ .  
**Kondenzátory:**  $C_{33}$  – 33 nF,  
 $C_{34}$  – 10 pF,  
 $C_{35}$  – 50 pF,  
 $C_{36}$  – 1 nF/160 V,  
 $C_{37}$  – 10 pF,  
 $C_{38}$  – 10 nF/160 V,  
 $C_{39}$  – 100 pF,  
 $C_{40}$  – 380 pF otočný, miniaturní kondenzátor typu WN 704 00,  
 $C_{41}$  – 68 nF/160 V.  
**Potenciometr:**  $P_9$  – 0,5 M $\Omega$ , lineární, miniaturní.  
**Tranzistor:**  $T_{15}$  – OC170, výběr.  
**Dioda:**  $D_{10}$  – 6NN41.  
**Ostatní materiál:** 4 neizolované zdíčky,  
1 konektorová zásuvka 6AF 895 10/12,  
1 konektorová vidlice 6AF 895 20/34 – počet podle množství výměnných cívek,  
1 konektorová vidlice 6AF 895 20/34, určená pro napájení a připojení měřidla (čtyřpramenný vodič).

### Použití přístroje

Protože má přístroj mnohostranné použití, popíšeme stručně jednotlivé možnosti. Přístroj můžeme použít takto:

1. **Sací měřič.** Sacím měřičem zjišťujeme kmitočty neznámých rezonančních obvodů. Přibližně odhadneme kmitočet a nasuneme příslušnou výměnnou cívku do zásuvky konektoru. Po zapnutí přístroje cívku přiblížíme ke zkoušenému rezonančnímu obvodu. Otáčíme kondenzátorem  $C_{40}$  a v okamžiku, kdy měřidlo zaznamenává výrazný pokles základní výchylky, přečteme kmitočet na stupnici. Zkoušený obvod je naladěn na stejný kmitočet, jako sací měřič. Abychom určili co nejpřesněji minimum výchylky, snažíme se vždy o co nejmenší vazbu výměnné cívky s cívkou měřeného obvodu (dodržíme co největší vzdálenost mezi nimi).

2. **Vf signální generátor.** Přístroj pracuje stejně jako v předchozím případě, signál však odebíráme ze zdíčky „vf“. Signál přivádíme do přijímače anténní zdíčkou nebo (u citlivých rozhlasových přijímačů) vazbou volně položeného drátu s obvodu přijímače. Vf signál modulujeme do zdíčky „mod“ z nf generátoru RC, aby byl v reproduktoru přijímače slyšet.

3. **Absorpční vlnoměr.** Potenciometrem vypneme spínač a přístroj přiblížíme ke zkoušenému kmitajícímu obvodu nebo

k přijímači. Protáčením ladicího kondenzátoru hledáme maximální výchylku měřidla. Citlivost našeho přístroje musíme v tomto případě regulovat změnou vazby přístroje a zkoušeného obvodu. Až bude výchylka měřidla maximální, můžeme přecházet na stupnici přístroje kmitočty, na němž zkoušený obvod pracuje.

4. *Záznějový vlnoměr.* Výměnnou cívku přiblížíme k měřenému obvodu a ladicím kondenzátorem vyladíme nulovou zázněj. Zázněj zjišťujeme sluchátky. Změřený kmitočet opět čteme na stupnici přístroje. Spínač S je sepnut (i při dalším měření).

5. *Zjišťování neznámé indukčnosti nebo kapacity.* Za pomoci kondenzátoru známé kapacity nebo cívky známé indukčnosti můžeme pomocí tohoto přístroje měřit neznámou indukčnost cívky nebo neznámou kapacitu kondenzátoru. Tak např. chceme změřit neznámou indukčnost cívky. K cívce připojíme paralelně kondenzátor známé kapacity a změříme na jakém kmitočtu kmitá (jaký má rezonanční kmitočet). Indukčnost můžeme vypočítat podle vztahu

$$L = \frac{25\,330}{f^2 C}.$$

Do vztahu dosazujeme veličiny v jednotkách  $\mu\text{H}$ , MHz a pF.

Obdobně můžeme zjišťovat neznámé kapacity kondenzátorů a vypočítat je ze vztahu

$$C = \frac{25\,330}{f^2 L}.$$

Do vztahu dosazujeme stejné jednotky jako při výpočtu indukčností.

Získáme-li jakostní tranzistor s vysokým mezním kmitočtem, můžeme se pokusit o rozšíření kmitočtového rozsahu až do 60 MHz. Zkusmo navineme 4 až 6 závitů na kostřičku a zjistíme, zda je tranzistor schopen při těchto kmitočtech ještě uspokojivě pracovat. Cívku navineme z drátu asi o  $\varnothing$  1,5 mm, nejlépe stříbřeného.

#### Literatura

- [1] Hyan, J. T.: Měření a sladování amatérských přijímačů. SNTL: Praha 1964.

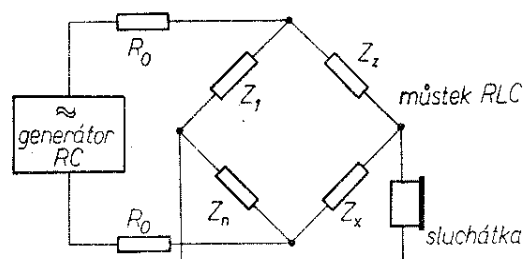
- [2] Hyan, J. T.: Sací měřič do kapsy. AR 10/62.  
[3] Laboratoř mladého radioamatéra: Tranzistorový měřič rezonance. AR 6/67.  
[4] Diefenbach, W. W.: Příručka pro opravu přijímačů. SNTL: Praha 1961.

### Můstek pro měření stejnosměrného odporu cívek

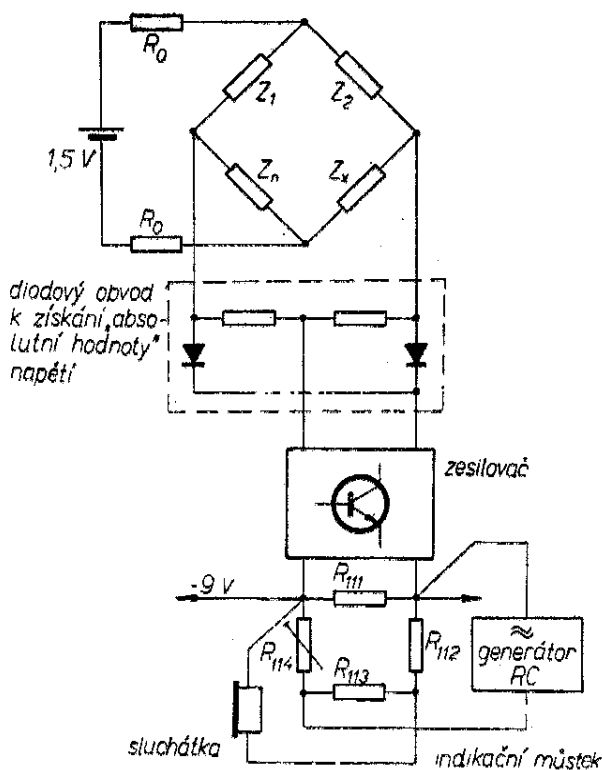
#### Volba a popis zapojení

Můstek pro měření stejnosměrného odporu cívek je doplňkem můstku RLC. Můstkem RLC (napájeným nf generátorem), u něhož sluchátka fungují jako indikátor vyvážení, můžeme měřit různé veličiny – nemůžeme však měřit stejnosměrný odpor cívek, např. výstupních a budicích transformátorů a především cívek relé. U relé však potřebujeme znát tento údaj velmi často, neboť relé bývají zapojena např. v obvodech koncových tranzistorů různých ovládacích obvodů (pro ovládání modelů) atd.

Abychom mohli stejnosměrný odpor cívek měřit na můstku RLC, musíme můstek doplnit obvodem, jenž toto měření umožní. Na obr. 85 vidíme schéma měření střídavým napětím. Chceme-li však použít k měření stejnosměrné napětí a sluchátka opět používat jako indikátor, musíme můstek RLC napájet ze stejnosměrného zdroje a základní přístroj doplnit pomocným můstkem. Pomocný můstek budeme napájet nf signálem z generátoru RC a budeme ho řídit tranzistorem, na jehož bázi přivedeme „absolutní hodnotu“ stejnosměrného napětí základního můstku, získanou



Obr. 85. Zapojení při měření střídavým napětím na můstku RLC



Obr. 86. Zapojení při měření odporů stejnosměrným napětím

diodovým porovnávačem. Blokové schéma tohoto upraveného zapojení je na obr. 86. Schéma pomocného můstku s řídicím zesilovacím tranzistorem je na obr. 87.

#### Činnost obvodu

Zasunutím konektoru pomocného můstku do základního přístroje rozpojíme napájecí přívody můstku  $RLC$  od  $nf$  generátoru a připojíme na jejich místo článek  $B_{12}$ . Současně připojíme na výstup můstku  $RLC$  vstup pomocného můstku (odpory  $R_{109}$  a  $R_{110}$  spolu s diodami  $D_{11}$

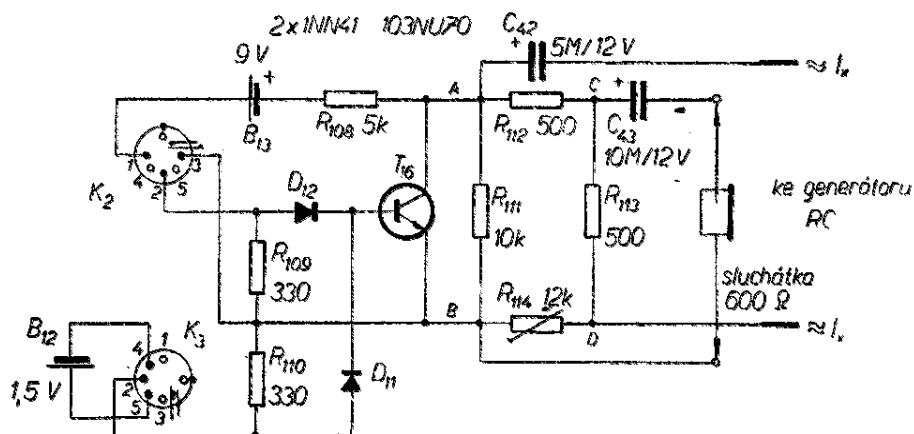
a  $D_{12}$ ). Stejnosměrné napětí z můstku  $RLC$  (jenž není vyrovnán) se v tomto obvodu mění na napětí určité velikosti („absolutní hodnota“); toto napětí jde pak na bázi tranzistoru  $T_{16}$ , čímž ovládáme velikost odporu přechodu kolektor-emitor a tedy celkový odpor obvodu mezi body  $A$  a  $B$  (obr. 87). Jednu větev pomocného můstku tvoří tedy paralelní spojení odporů přechodu kolektor-emitor a odporu  $R_{111}$ . Druhou a třetí větev můstku tvoří pevné odpory  $R_{112}$  a  $R_{113}$ . Jako čtvrtá větev můstku slouží regulační odpor (trimr  $R_{114}$ ), jímž se pomocný můstek vyvažuje. Můstek je v rovnováze, je-li napětí přiváděné na bázi tranzistoru nulové. Tento případ nastane tehdy, bude-li v rovnováze i můstek  $RLC$  základního přístroje.

Do bodu  $A$  a  $D$  přivádíme  $nf$  napětí z generátoru  $RC$  a do bodu  $B$  a  $C$  připojíme indikátor vyvážení, v našem případě opět sluchátka. Bude-li v nerovnováze můstek  $RLC$ , bude v nerovnováze i pomocný můstek a napětí z generátoru se dostane do sluchátek.

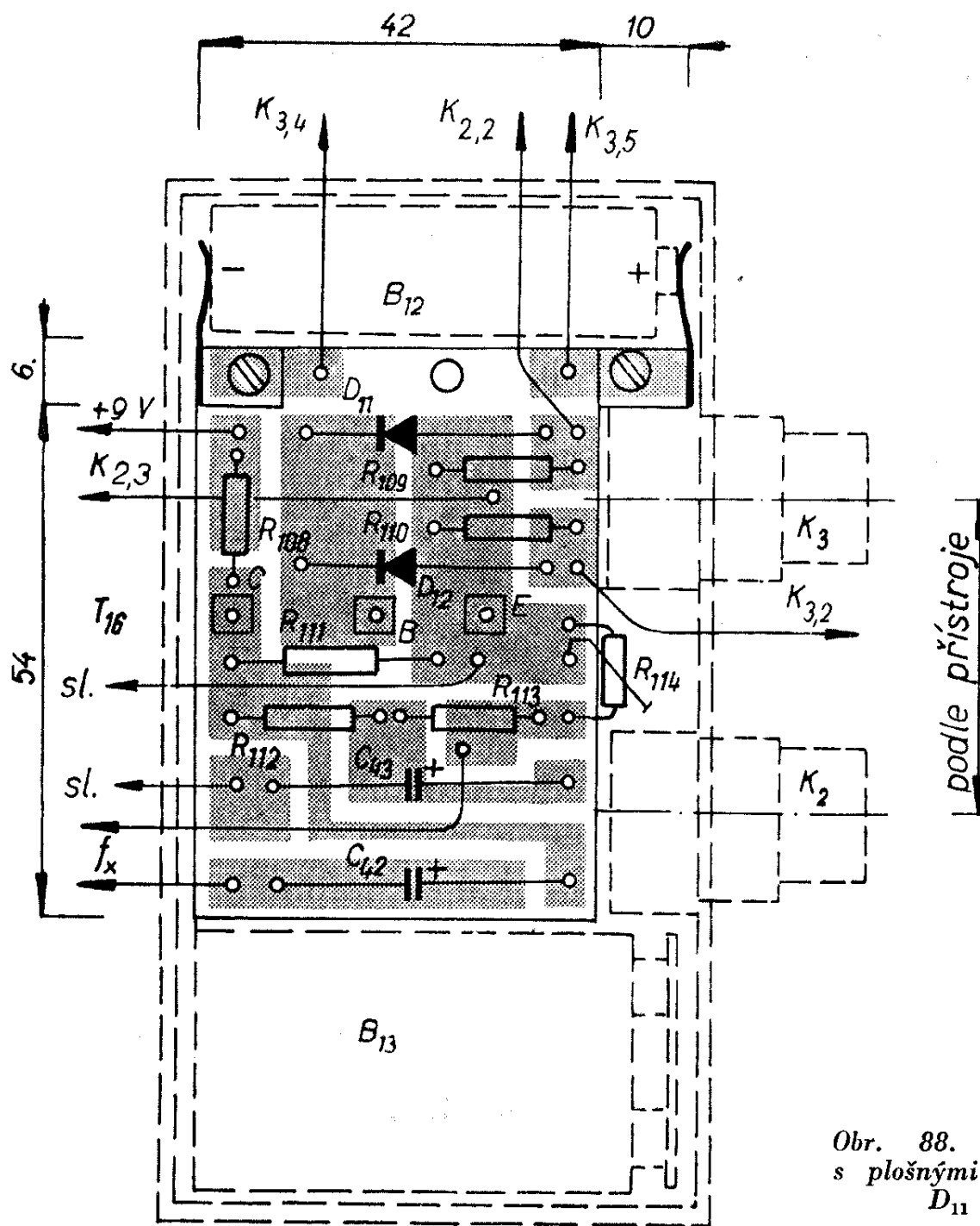
Volba odporů  $R_{109}$  a  $R_{110}$  byla ovlivněna tím, že se nejčastěji měří stejnosměrné odpory cívek v rozmezí od několika ohmů do několika kiloohmů. Odpor  $R_{111}$  je určen jednak citlivostí obvodu a jednak teplotní nestabilitou tranzistoru a pomocného můstku. K stejnosměrné polarizaci tranzistoru se používá napětí  $9\text{ V}$  z miniaturní destičkové baterie typu 51D.

#### Použité součástky a stavba přístroje

Pomocný můstek s diodovým usměrňovačem a řídicím tranzistorem jsou na destičce s plošnými spoji  $D_{11}$ . Článek



Obr. 87. Schéma můstku k měření odporů stejnosměrným napětím



Obr. 88. Deska  
s plošnými spoji  
D<sub>11</sub>

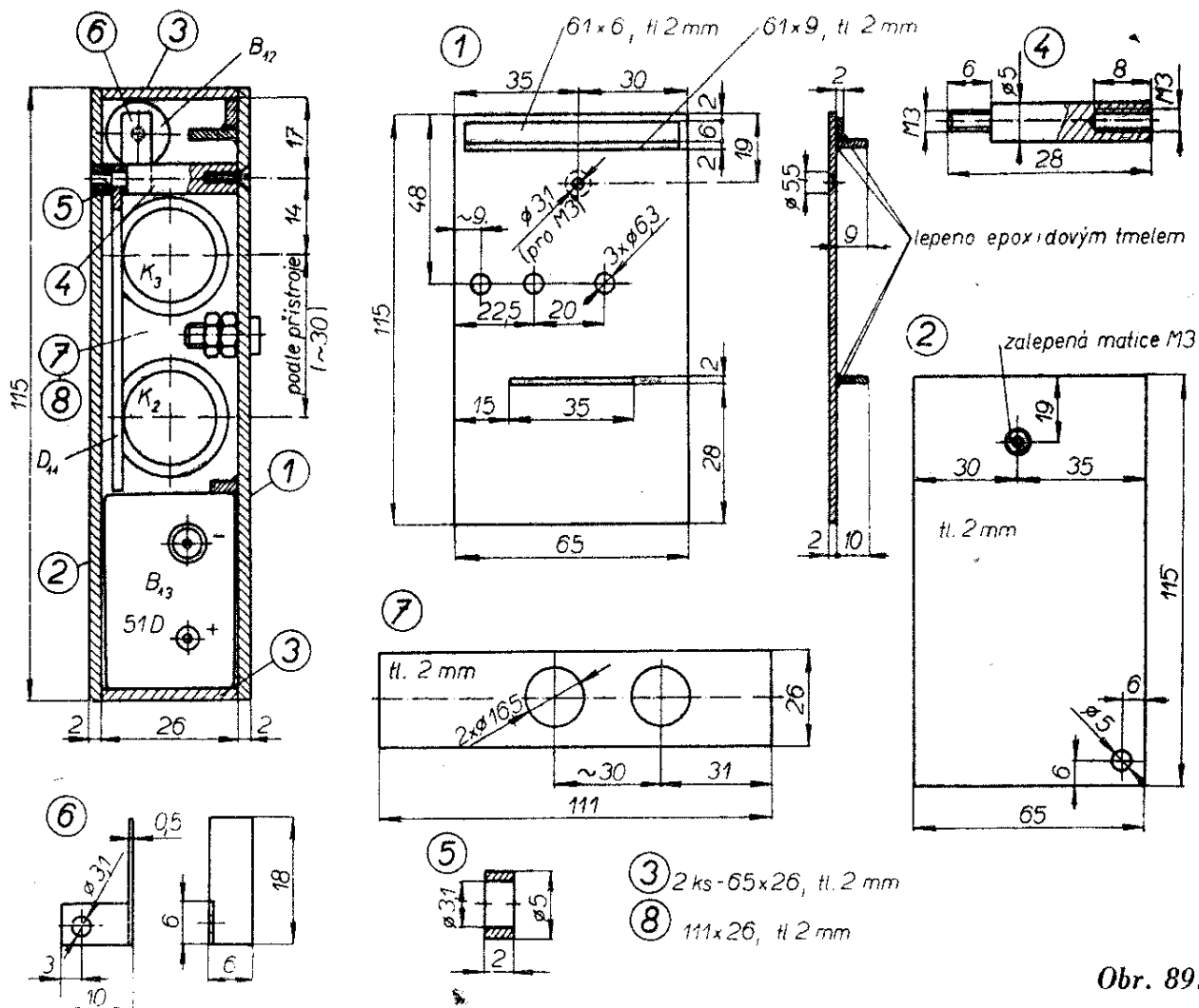
$B_{12}$  a  $B_{13}$  jsou umístěny vedle destičky. Celkové uspořádání a rozmístění jednotlivých součástí je zřejmé z obr. 88. V zapojení vyhoví jakýkoli tranzistor, který má činitel zesílení asi 60 a jakékoli hrotové diody.

Můstek pro měření stejnosměrných odporů cívek je ve skřínce s rozměry  $65 \times 115 \times 30$  mm, zhotovené opět slepením sklolaminátových nebo texgumoidových desek tloušťky 2 mm. Destič-

ka  $D_{11}$  je připevněna na dno skříňky (poz. 2) sloupkem (poz. 4). Na destičce jsou připevněny dvě pružiny s kontakty (poz. 6), mezi něž se vkládá napájecí článek  $B_{12}$ . Článek  $B_{13}$  je volně uložen v dolní části skříňky (obr. 89).

Skříňka je uzavřena víčkem (poz. 1).

Ve dnu skříňky je zalepena matice M3 pro sloupek (poz. 4) a otvor o  $\varnothing 5$  mm pro vývod dvoupramenného, asi 30 cm dlouhého kablíku, ukončeného banánky.



Obr. 89.

Kablkem přivádíme do pomocného můstku nf signál z generátoru RC.

Závěrečná fáze stavby spočívá jen v tom, že při vyjmutém článku B<sub>12</sub> a při pomocném můstku zasunutém do základního přístroje vyvážíme pomocný můstek na nulový signál, tj. tak, že ve sluchátku neuslyšíme pomocný nf signál. Můstek vyvažujeme trimrem R<sub>114</sub>. Článek B<sub>12</sub> vyjmeme proto, aby vstupní signál přicházející na tranzistor byl nulový.

#### Seznam součástí

Odporů: R<sub>108</sub> – 5 kΩ,

R<sub>109</sub> a R<sub>110</sub> – 330 Ω,

R<sub>111</sub> – 10 kΩ,

R<sub>112</sub> a R<sub>113</sub> – 500 Ω,

R<sub>114</sub> – trimr 12 kΩ.

Kondenzátory: C<sub>42</sub> – 5 μF/12 V,

C<sub>43</sub> – 10 μF/12 V.

Tranzistor: T<sub>16</sub> – 103NU70.

Diody: D<sub>11</sub> a D<sub>12</sub> – 1NN41 nebo podobné.

Baterie: B<sub>12</sub> – tužkový článek 1,5 V,

B<sub>13</sub> – destičková baterie 9 V, typ 51D.

Ostatní součástky: 2 konektorové vidlice, typ 6AF 895

42/55,

2 zdířky,

2 banánky s napájecím kablíkem.

#### RADIOVÝ KONSTRUKTÉR

– vydává vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 234355–7 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 223630 ● Redakční rada: K. Bartoš, ing. J. Čermák, K. Donát, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradský, ing. J. T. Hyan, K. Krbec, ing. A. Lavante, K. Novák, ing. O. Petráček, dr. J. Petránek, M. Procházka, K. Pytner, ing. J. Vackář, J. Ženíšek ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 3,50 Kčs, pololetní předplatné 10,50 Kčs, roční předplatné 21,– Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel ● Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohledací pošta Praha 07 ● Tiskne Naše vojsko, závod 01, Na valech 1, Praha-Dejvice ● Za původnost příspěvků ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 23. dubna 1969

© Vydavatelství MAGNET

# LUXTRON

– elektr. zvětšovací osvitoměr, který určí při zvětšování fotografií

## správnou expozici

a optimální gradaci citlivého papíru při zvětšování černobílých a barevných fotografií. Měří bez ohledu na to, zvětšuje-li se negativ hustý, řídký, přeosvětlený, tvrdý, měkký či plochý, slabě nebo nadměrně vyvolaný, atd. Lhostejný je též formát negativu nebo papíru, velikost zvětšení výřezu, druhu zvětš. přístroje a druhu žárovky.

Můžeme zvětšovat černobílý negativ na černobílý papír, barevný negativ na barevný papír a ve všech těchto případech vám LUXTRON zajistí správnou expozici zvětšenin a určí, zda je pro daný negativ vhodný papír měkké, normální nebo kontrastní gradace.

Osvitoměr LUXTRON, typ WP 76 005, novinku TESLY Blatná, dostanete ve všech prodejnách TESLA. Stojí 230,— Kčs.

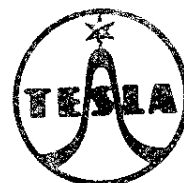
Adresy prodejen TESLA:

PRAHA 1 – Martinská 3; PRAHA 1 – Národní 25 – pasáž Metro;  
PRAHA 2 – Slezská 4; PRAHA 1 – Soukenická 3; PARDUBICE –  
Jeremenkova 2371; KRÁLÍKY – nám. Čs. armády 362; ÚSTÍ n/Lab. –  
Revoluční 72; DĚČÍN – Prokopa Holého 21; LIBEREC – Pražská  
142; CHOMUTOV – Puchmajerova 2; CHEB – tř. ČSSP 26;  
Č. BUDĚJOVICE – Jírovcova 5; BRNO – tř. Vítězství 23; BRNO –  
Františkánská 7 (jen součástky); JIHLAVA – nám. Míru 66;  
PROSTĚJOV – Žižkovo nám. 10; OSTRAVA – Gottwaldova 10,  
OLOMOUC – nám. Rudé armády 21; FRÝDEK-MÍSTEK – sídliště  
Riviéra (Dům služeb).

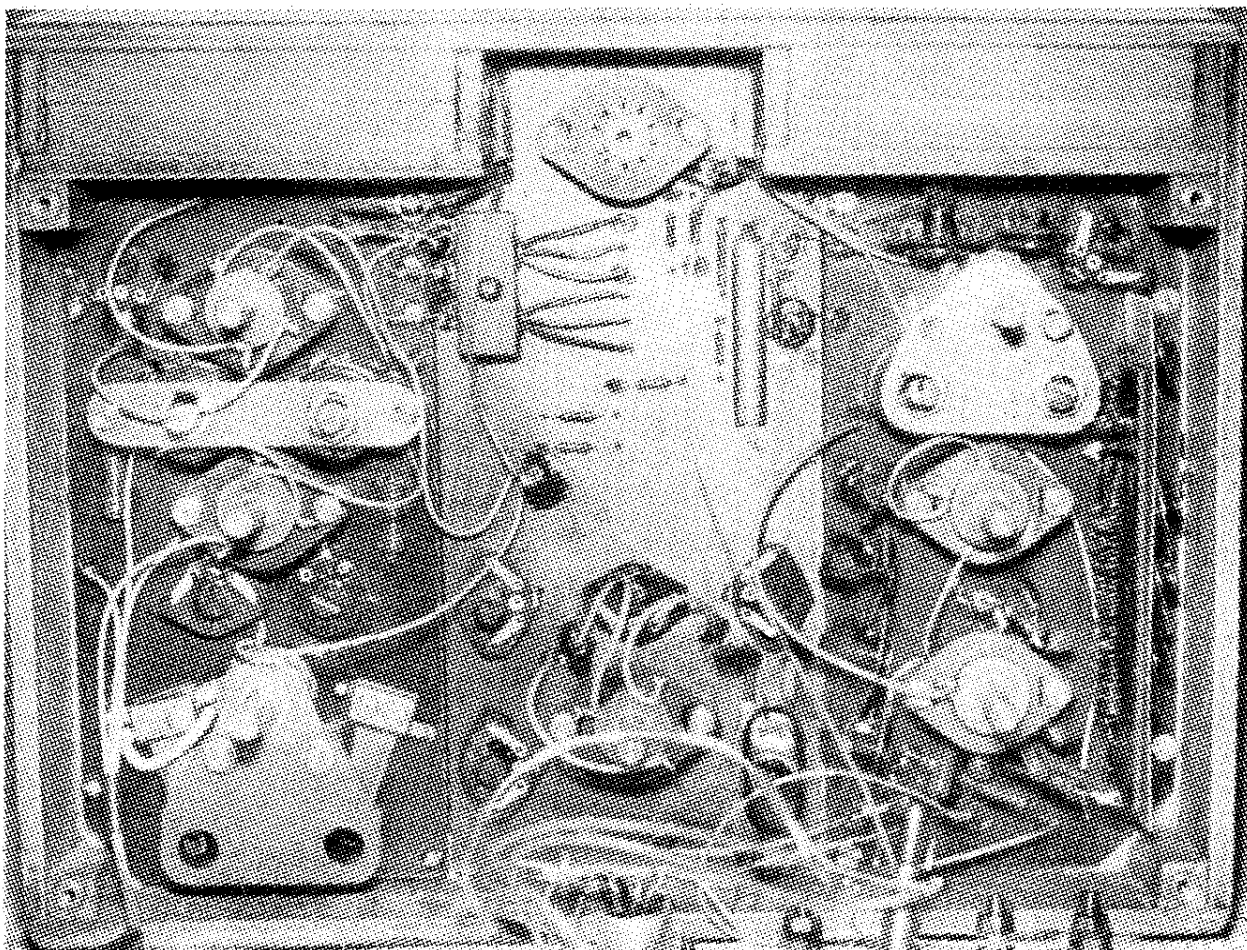
---

**TESLA**

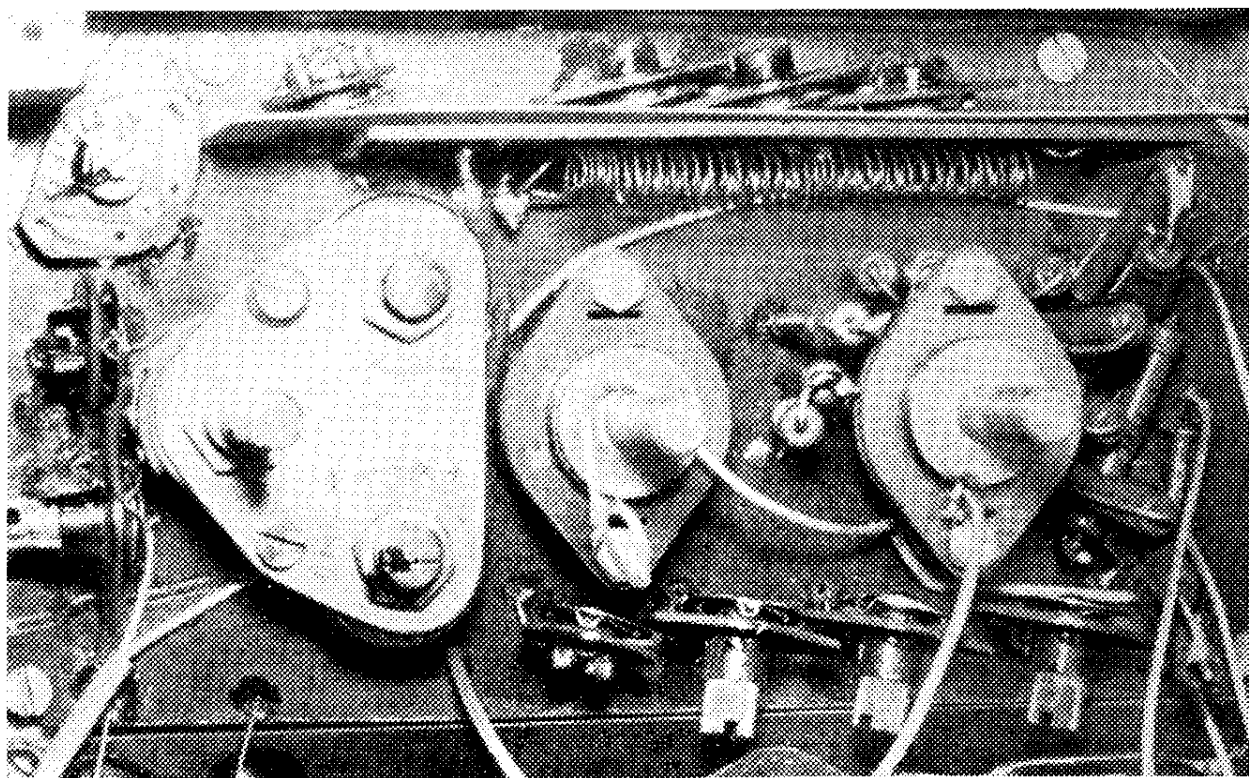
DOBŘE VÝROBKY  
DOBŘE SLUŽBY



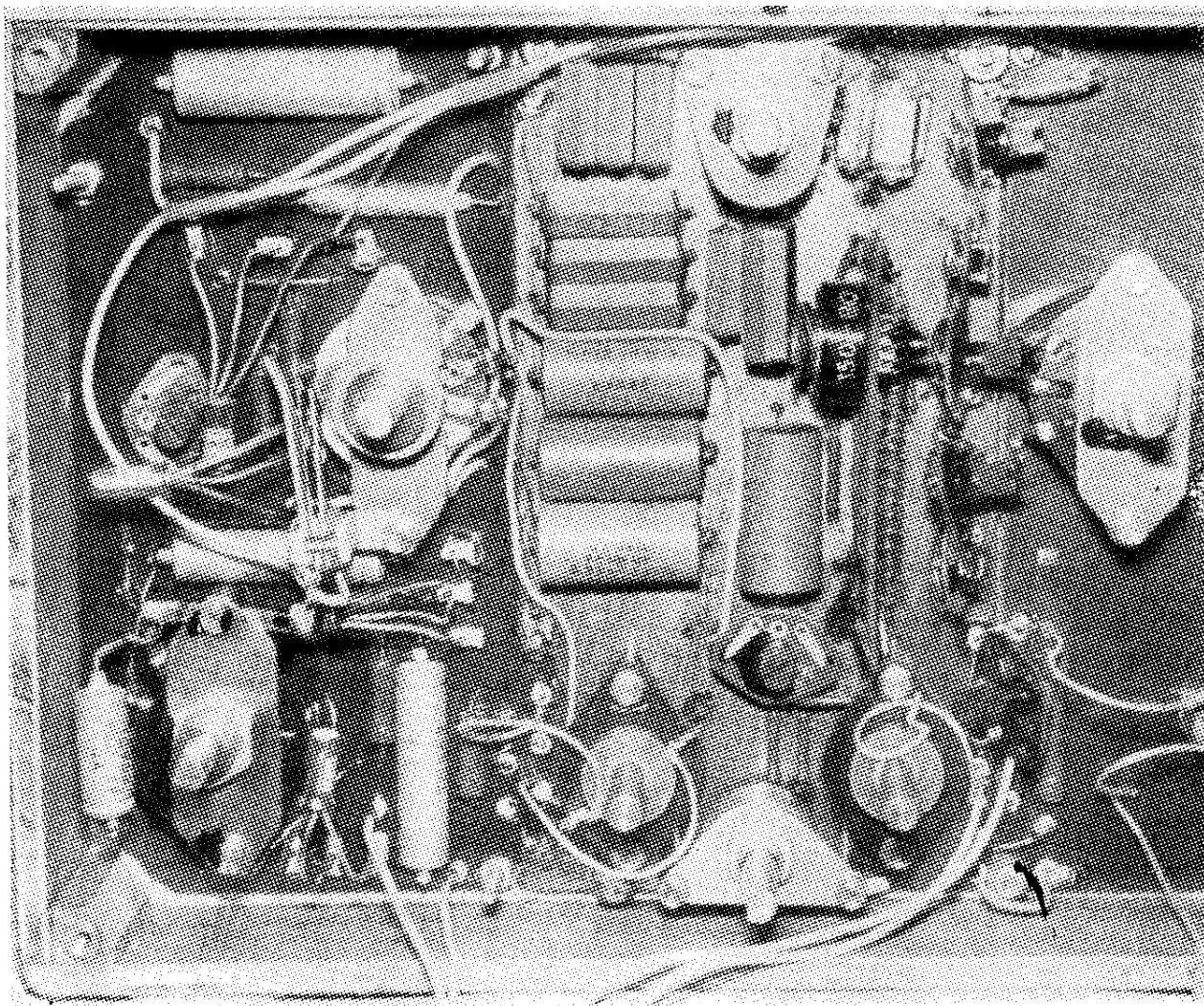




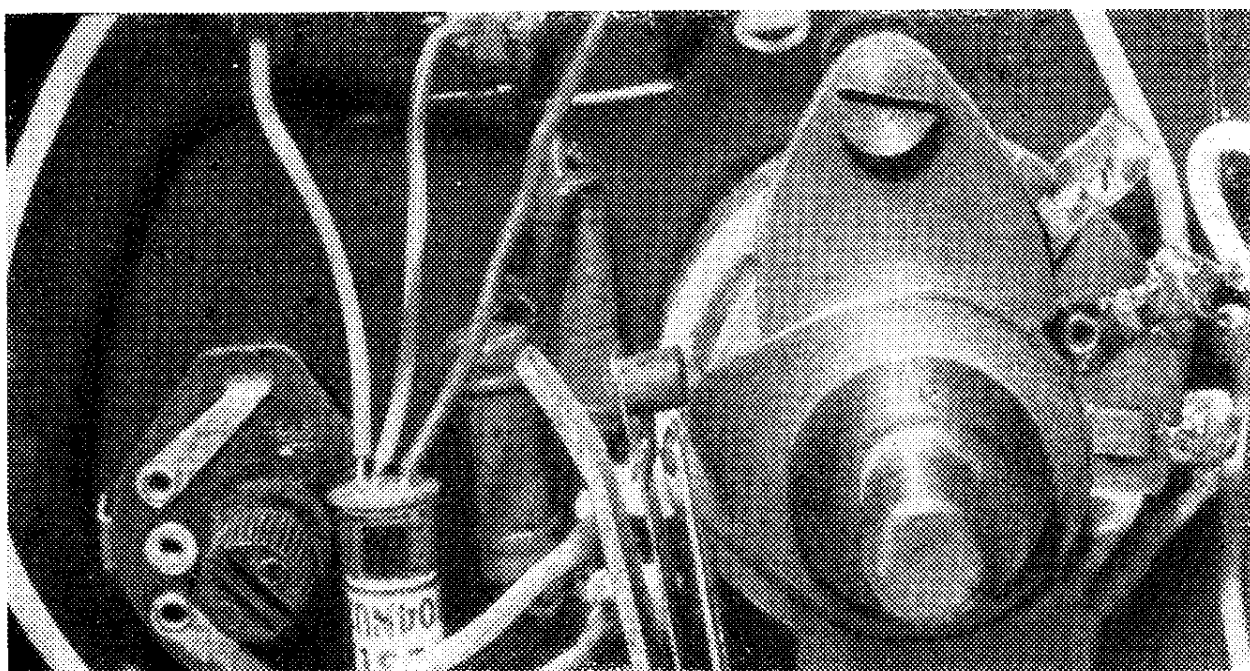
*Kombinovaný měřicí přístroj po odkrytí jedné čelní desky*



*Detail mechanického uspořádání*

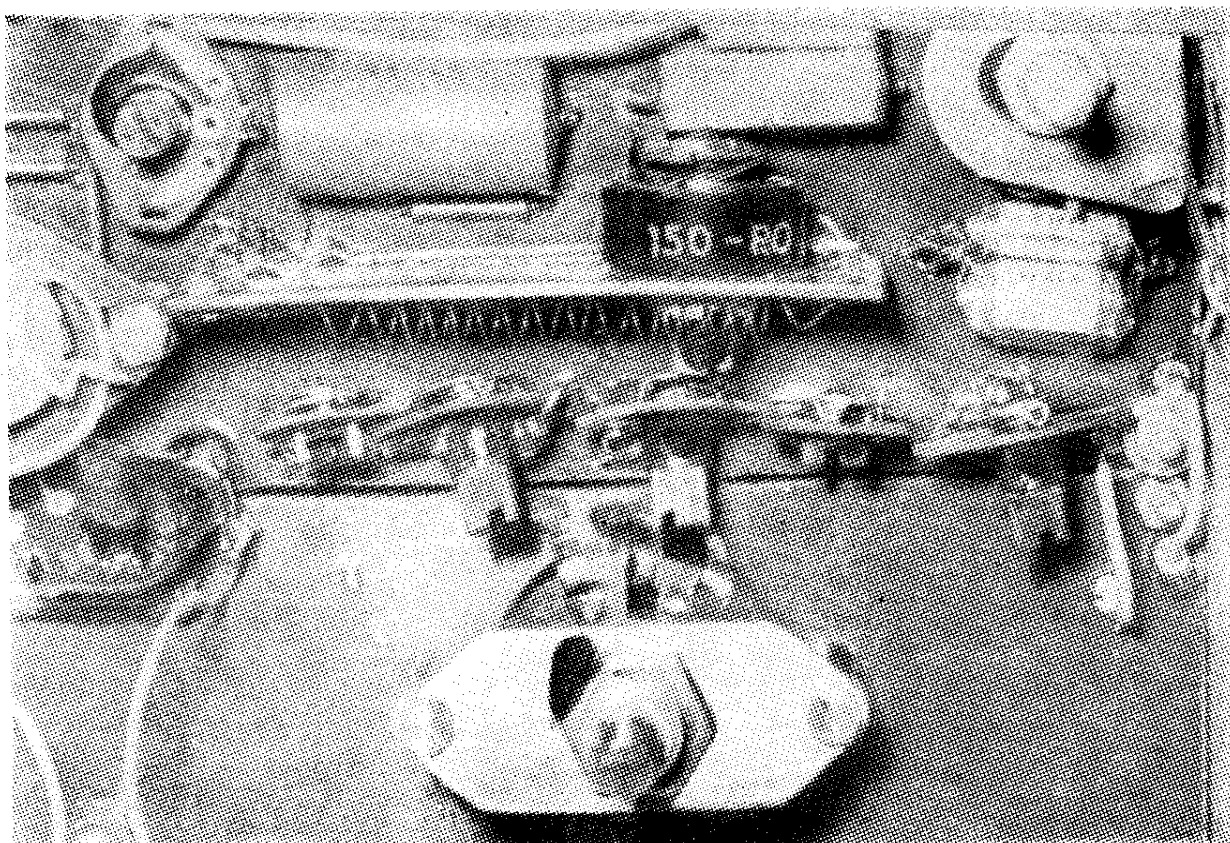


*Kombinovaný měřicí přístroj po odkrytí druhé čelní desky*

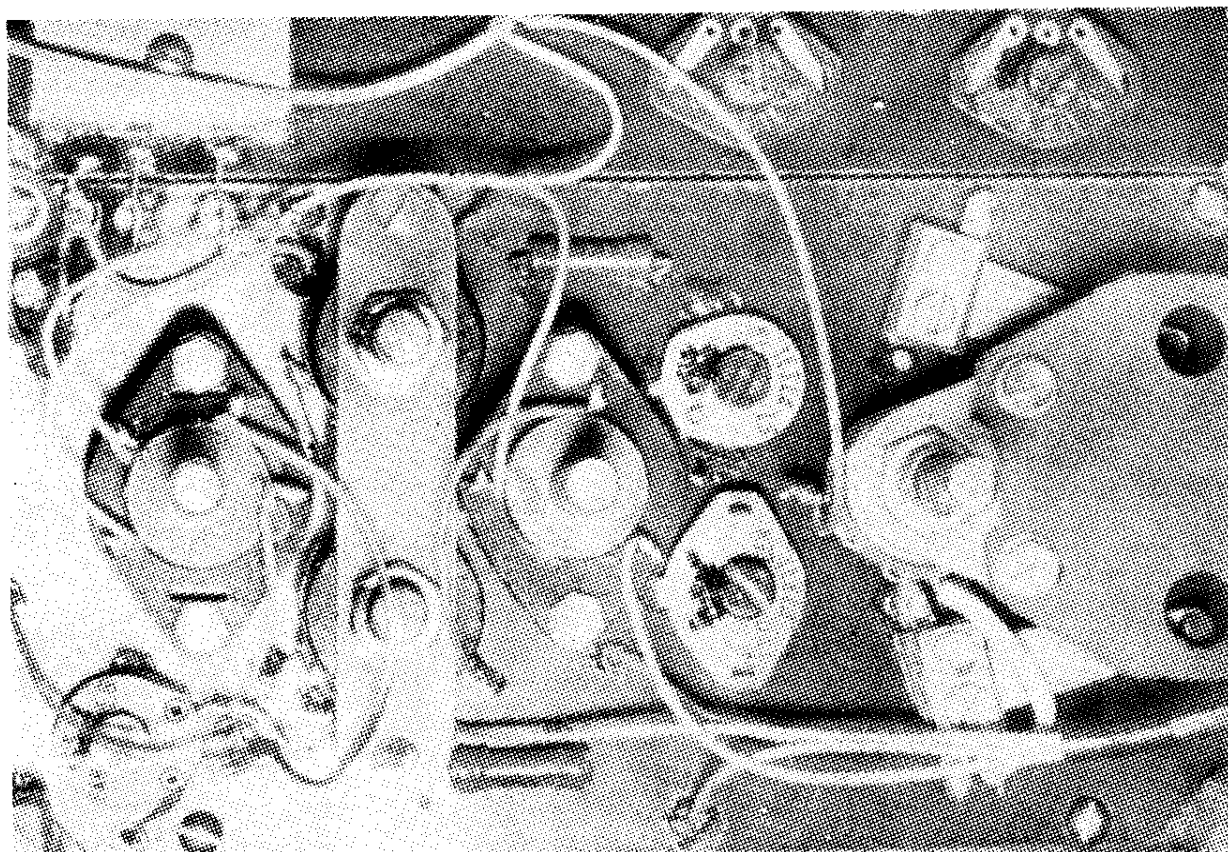


*Detail mechanického uspořádání – vačka (obr. 35)*





*Detail mechanického uspořádání*



*Detail mechanického uspořádání*